



**Joana Filipa Pereira  
Duarte**

**Planeamento, captação e gestão das águas subterrâneas  
da região de Aveiro**





**Joana Filipa Pereira  
Duarte**

**Planeamento, captação e gestão das águas  
subterrâneas da região de Aveiro**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica, realizada sob a orientação científica do Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.



**o júri**

presidente

Prof. Doutor Jorge Manuel Girão Medina  
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Manuel Augusto Marques da Silva  
professor catedrático aposentado da Universidade de Aveiro (arguente)

Prof. Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva  
professor catedrático da Universidade de Aveiro (orientador)



## **agradecimentos**

A todas as pessoas que contribuíram, directa e indirectamente, para este trabalho e em especial a amigos como Ana Sofia Portal, Carla Matinhas, Manuela Santos, Patrícia Sousa e Tiago Cerejo, o meu profundo agradecimento.

Ao professor Marques da Silva pela orientação inicial do trabalho a nível de bibliografia e relatórios de furos que ajudaram na compreensão e execução do estado da arte da tese.

À professora Teresa de Melo, agradeço imenso pois foi com a mesma que adquiri e recorri a conhecimentos aplicados na tese e pela sua disponibilidade e interesse em ajudar.

Ao Professor Eduardo Silva pelo esforço “extra-profissional”, apoio e motivação inicial e final do trabalho, principalmente pela sua simpatia e proximidade necessária a este processo, à clareza nas exposições, ao incentivo e apoio na definição de tomadas de posição ao longo dos trabalhos, aos esclarecimentos de dúvidas e à transmissão de conhecimentos, o meu muito obrigado.

Por fim gostaria de dedicar este trabalho à minha família. Em primeiro aos meus pais, a minha mãe por ir lutando para a conclusão da tese e o meu pai por ir lutando pelo meu crescimento profissional.





**palavras-chave**

Captação de água subterrânea; Plano de gestão; região de Aveiro,

**resumo**

Apresentam-se, neste trabalho, os aspectos mais relevantes relativos ao planeamento, captação e gestão das águas subterrâneas da Região de Aveiro.

Esta dissertação descreve o trabalho realizado durante um ano de estágio na Empresa Captágua – Captações de Água Lda.

É dada especial ênfase à construção de uma captação de água subterrânea, já que a empresa onde foi realizado este estágio tem uma vasta experiência neste domínio e possibilitou à formanda o acompanhamento de obras de execução de captações de água, o contacto com os vários métodos de perfuração e outros procedimentos importantes referentes a esta atividade tal como a operação de máquinas, ferramentas e materiais a serem usados. Permitiu ainda o acompanhamento de realização de diagrfias e de ensaios de caudal.

Com base no histórico da empresa, assim como na experiência adquirida nos furos referidos anteriormente, foi possível ilustrar a geologia da zona de operações, avaliar as características das formações exploradas e, quando possível, a qualidade das suas águas. Apresenta-se ainda um plano de gestão.



**keywords**

Groundwater; borehole construction; Aveiro region; management plan

**abstract**

This work was structured to introduce the most relevant aspects related to planning, well construction, extraction and management of groundwater in the Aveiro region.

This Master thesis presents the work carried out during one year of internship at *Captágua – Captações de Água Lda*.

Particular emphasis is given to the borehole construction and installation for groundwater extraction, since the enterprise has an extensive experience in this field. This internship allowed trainee works in several drilling methods, knowledge of the water borehole drilling equipment, relevant procedures in the well drilling, operation of machines, tools and materials to be used. It also allowed the monitoring of groundwater quality and test flow.

Based on the company's archives and also in the experience of the Captágua team it was possible to illustrate the geology of the operation area, the characteristics of the formations, and the groundwater quality. Considering the relevance of this aquifer a management plan is proposed.



# Índice

<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO 1 - ENQUADRAMENTO DO TRABALHO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Estágio na Empresa Captágua – Captações de Água Lda .....	1
1.2. Trabalho desenvolvido na empresa durante o estágio .....	1
1.3. Acompanhamento de obras durante a realização do estágio .....	2
<b>CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE ESTUDO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Enquadramento geográfico e geomorfológico .....	7
2.2. Caracterização climática da zona .....	9
2.3. Enquadramento geológico .....	9
2.3.1. Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício .....	11
2.3.2. Triásico superior .....	11
2.3.3. Jurássico inferior (liásico) .....	11
2.3.4. Cretácico .....	12
2.3.5. Plio-plistocénico .....	14
<b>CAPÍTULO 3 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE AVEIRO .....</b>	<b>17</b>
3.1. Introdução.....	17
3.1.1. Sistema aquífero do Quaternário .....	18
3.1.2. Sistema multiaquífero Cretácico .....	19
<b>CAPÍTULO 4 - CONSTRUÇÃO DE UM FURO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>23</b>
4.1. Introdução.....	23
4.2. Enquadramento legal para construção de um furo de captação .....	24
4.3. Execução de furos de pesquisa e captação .....	25
4.3.1. Estudo hidrogeológico prévio .....	25
4.3.2. Métodos de perfuração .....	26
4.3.3. Diâmetros de perfuração .....	30
4.3.4. Verticalidade e linearidade da perfuração .....	30
4.3.5. Furo de pesquisa .....	30
4.3.6. Transformação do furo de pesquisa em captação .....	34
4.4. Ensaio de Caudal/ Aquífero .....	42
4.5. Acabamento do furo, equipamento de bombagem e manutenção geral .....	46
4.5.1. “Cabeça do furo” .....	46
4.5.2. Equipamento de bombagem .....	47
4.5.3. Manutenção .....	48

4.6. Relatório final da obra.....	48
4.7. Saúde, higiene e segurança no trabalho .....	48
4.8. Características das captações com base no histórico existente .....	49
4.8.1. Captações versus Profundidade .....	49
4.8.2. Captações versus Diâmetros de Perfuração .....	50
4.8.3. Captações versus Diâmetros de Revestimento .....	50
4.8.5. Captações versus Nível hidrostático .....	52
4.8.6. Captações versus Caudal .....	52
4.8.7. Síntese e interpretação dos resultados .....	53
<b>CAPÍTULO 5 - GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE AVEIRO: O CASO DO AQUÍFERO CRETÁCICO.....</b>	<b>55</b>
5.1. Níveis piezométricos .....	55
5.1.1. Regime natural .....	56
5.2. Recarga do Aquífero Cretácico.....	58
5.2.1. Definição da área de recarga do aquífero Cretácico .....	58
5.3.2. Balanço hídrico e cálculo da recarga subterrânea .....	59
5.3. Desenvolvimento de uma plataforma de gestão .....	62
5.3.1. Disponibilização e gestão da informação .....	62
5.3.2. Medidas vs Atitudes.....	63
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Filial da Empresa Captágua em Leiria	1
Figura 1.2 - Furo na Zona Industrial de Cantanhede	2
Figura 1.3 - Identificação da geologia atravessada, no furo da AdRA em Murtosa	3
Figura 1.4 - Interior da Carrinha para a realização de diagrfias, no furo da AdRA em Murtosa	3
Figura 1.5 - Furo 2 em Pinhal dos Negreiros, Setúbal	4
Figura 1.6 - Ensaio de caudal, no furo 1 em Pinhal de Negreiros, Setúbal	4
Figura 1.7 – Execução de furo de captação de água na Mamarrosa, Oliveira do Bairro	5
Figura 1.8 – Execução de furo de captação de água na empresa Nutre na Zona Industrial de Vagos	6
Figura 1.9 - Execução de furo de captação de água no Lidl, na Marinha Grande	6
Figura 2. 1 - Localização da área de estudo, Aquífero Cretácico de Aveiro	7
Figura 2.2 - Mapa da bacia hidrográfica do rio Vouga	7
Figura 2.3 - Mapas esquemáticos descrevendo a evolução da “Ria de Aveiro” durante os últimos 1000 anos	8
Figura 2.4 - Mapa geológico da região em estudo. A informação geológica foi digitalizada a partir das cartas geológicas, folhas: 13- C Ovar, 16-A Aveiro, 16 – C Vagos e 19-A Cantanhede	10
Figura 3.1 - Enquadramento litoestratigráfico do sistema aquífero do Quaternário de Aveiro	17
Figura 3.2 - Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas do Quaternário de Aveiro, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL nº 77/2006	19
Figura 3.3 - Enquadramento litoestratigráfico do sistema aquífero do Cretácico de Aveiro	20
Figura 4.1- Classificação dos aquíferos quanto à pressão	23
Figura 4.2 - Divisão de Portugal Continental, consoante a área de atuação de cada entidade Ex-ARH, que foi substituída pela APA	25
Figura 4. 3 - Perfuração pelo método de rotação com circulação direta	27
Figura 4.4 - Ferramentas utilizadas na perfuração por rotação com circulação directa: (a) Tricone; (b) Trialeta e (c) Bomba de lamas.	27
Figura 4.5 - Perfuração pelo método de rotação com circulação inversa.	28
Figura 4.6 - Perfuração pelo método de rotação, com barroca de lamas, para a circulação inversa.	29
Figura 4.7- Software de leitura de diagrfias.	31
Figura 4.8 - Disposição no terreno das amostras das formações geológicas atravessadas e respetivas etiquetas (Furo para a AdRA em Murtosa, 2012).	32
Figura 4.9 - Medidor de pH e Temperatura.	34
Figura 4.10 - Tubo Georoscado® estriado, topos com areão incorporado, marca Tubofuro.	34
Figura 4.11 - Tubo Georoscado engravelhado.	36
Figura 4.12 - Alguns tipos de rasgos dos tubos-ralo	37
Figura 4.13 - Centralizador colocado num tubo em PVC Georoscado Estriado.	38
Figura 4.14 - Limpeza e desenvolvimento de uma captação pelo método "air-lift"	40
Figura 4.15 - Esquema de resumo das fases de construção de um furo de água (coluna de revestimento com redução	42
Figura 4.16 - Efeito da bombagem de furos a captar num aquífero livre e num aquífero confinado.	43
Figura 4.17 - Dispositivo de medição de níveis e dispositivos de medição de caudal com tanque de aferição ou com caudalímetro.	44
Figura 4. 18 - Representação gráfica de um ensaio de caudal escalonado com estabilização de níveis e recuperação final, sendo $t_1=t_2=t_3$ e $Q_1<Q_2<Q_3$	45
Figura 4.19 - Curvas características teóricas $r = f(Q)$ para (A) um aquífero livre e (B) para um aquífero confinado.	45
Figura 4. 20 - Determinação do caudal crítico e do caudal máximo de exploração a partir da curva característica $r = f(Q)$	45

Figura 4.21 - Evolução do gráfico $r = f(Q)$ consoante os graus de limpeza / desenvolvimento e/ou de colmatção progressiva do furo.	46
Figura 4.22 - Esquema simplificado da “cabeça” e da caseta do furo.	46
Figura 4.23 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus profundidade.	49
Figura 4. 24 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus diâmetro de perfuração	50
Figura 4.25 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus diâmetro de revestimento.	51
Figura 4.26 - Diagramas circulares relativos a captações de água versus profundidade do início dos 1 <sup>os</sup> ralos.	51
Figura 4. 27 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus nível hidrostático	52
Figura 4.28 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus caudal.	53
Figura 5.1 - Valor do nível piezométrico na região de Aveiro referente ao aquífero Cretácico de Aveiro em Junho de 2002. Os valores obtidos são medidos em relação ao nível médio do mar	56
Figura 5.2 - Superfície potenciométrica do aquífero Cretácico de Aveiro (definida com base em medições realizadas em 1950) usando krigagem linear	57
Figura 5.3 - Diagrama demonstrativo do fluxo da água subterrânea na região	57
Figura 5.4 - Mapa da área de recarga do aquífero Cretácico, indicando área de afloramento do aquífero em verde	58
Figura 5.5 - Esquema com as entradas e saídas de água que se têm em conta no cálculo do balanço hídrico.	60
Figura 5.6 - Análise de tendências para a evolução do nível piezométrico na massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro (AA – corresponde ao 1 <sup>o</sup> semestre do ano e AB – corresponde ao 2 <sup>o</sup> semestre do ano).	62

## Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Síntese litoestratigráfica das unidades pós-Jurássico que ocorrem na região [in Rocha, 1993, modificado de Ferreira Soares et al., 1982].	13
Quadro 5.1 – Balanço hídrico tendo em consideração os dados registados na Estação Meteorológica da Universidade de Aveiro.	61
Quadro 5.2 – Análise do estado quantitativo da massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro.	61



## CAPÍTULO 1 - ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

### 1.1. Estágio na Empresa Captágua – Captações de Água Lda.

Ao abrigo do Protocolo celebrado entre a Universidade de Aveiro e a empresa Captágua – Captações de Água Lda., foi possibilitado a realização de um estágio (com início em Setembro de 2012) no âmbito da Unidade Curricular Dissertação/Projeto/Estágio do Mestrado em Engenharia Geológica. A empresa Captágua – Captações de Água Lda., com mais de 35 anos de existência, tem sede em Vagos e filiais em Ortigosa (Leiria) e Carregueira (Chamusca) e apresenta uma vasta experiência em furos de captação de água.



**Figura 1.1** - Filial da Empresa Captágua em Leiria.

A Empresa Captágua tem como principal atividade a execução de furos de captação de água, possuindo alvará emitido pela entidade competente N.º 15/C/2011 e alvará de construção emitido pelo INCI nº 61049, estando bem inserida no mercado privado e no público e/ou indústrias, tendo sempre como principal preocupação a satisfação das necessidades destes, e paralelamente, a preocupação da preservação dos aquíferos.

Para além de furos de grandes dimensões, a Captágua executa também furos horizontais como por exemplo para atravessamento de vias, furos para biogás, piezómetros, furos para utilização de energia geotérmica (simples ou dupla captação), rebaixamentos de níveis freáticos, serviços de prospeção (resistividade elétrica e diagrfias), recuperação e limpeza de furos de água, montagem de bombas, manutenção de furos e aplicação de sistemas de pressurização.

### 1.2. Trabalho desenvolvido na empresa durante o estágio

Este estágio foi muito importante pelo conhecimento adquirido, já que possibilitou o acompanhamento de obras de captação de água, o contacto com os vários métodos de perfuração, e procedimentos de obra importantes a ter na construção da captação de água, como operação de máquinas, ferramentas e materiais a serem usados. Permitiu ainda o acompanhamento de realização de diagrfias e de ensaios de caudal.

Ainda no âmbito do estágio foi possível acompanhar furos com cadernos de encargos específicos (por exemplo AdRA e Câmara Municipal de Setúbal). Durante estas obras alguns aspetos, relacionados com a execução de captações, foram observados em conjunto com geólogos mais experientes, tais como acompanhar a verificação da velocidade da perfuração, a viscosidade das lamas, a amostragem litológica e o seu registo, as diagrfias, a definição do posicionamento dos tubos ralos, o entubamento correto do furo com centralizadores, o cálculo e preenchimento de seixo calibrado, a utilização de compactonite, cimentações, a limpeza e desenvolvimento de furos, ensaios de caudal e a vídeo inspeções de furos. Por fim foi possibilitada a colaboração na elaboração dos relatórios que contemplam todas as etapas e informações referentes ao desenvolvimento da obra.

Com base no histórico da empresa, assim como na experiência adquirida no acompanhamento da execução dos furos referidos anteriormente, foi possível avaliar as formações dos aquíferos captados e quando possível a qualidade da água, a geologia da zona de operações, de forma a poder proceder a um plano de gestão mais completo.

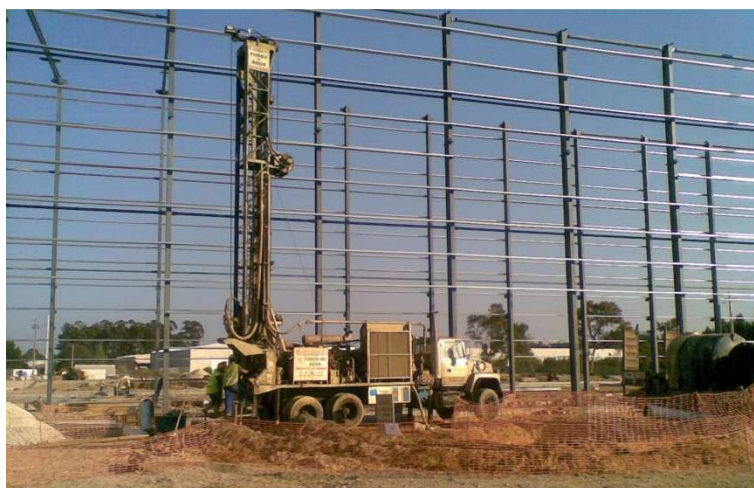
Pretende-se com este relatório ilustrar toda a experiência adquirida assim como oferecer um documento (manual) que possa ser consultado pelos estudantes e pelos profissionais que pretendam aprofundar os seus conhecimentos na temática.

### **1.3. Acompanhamento de obras durante a realização do estágio**

As obras que tiveram acompanhamento durante o Estágio foram as seguintes:

FruitsRouge – Alcanena: construção de furo de água. Perfuração com sistema rotary, circulação direta, com diâmetro 270 mm e profundidade total 300 metros. Revestimento com tubo PVC Georoscado 140 mm.

DST – (09/2012): construção de furo de água na zona Industrial de Cantanhede, para obtenção de um caudal mínimo de 30 m<sup>3</sup>/h. Furo executado com sistema de rotary, com circulação direta e rotopercussão. Colocação de tubo de proteção 330 mm, revestimento com Tubo PVC Georoscado 200 mm e 140 mm. Profundidade total 84 metros.



**Figura 1.2** - Furo na Zona Industrial de Cantanhede.

Vacaria de Carlos Valente – (10/2012): construção de furo de água Sanguinheira, Cantanhede, com objetivo de explorar um caudal elevado com um nível hidrodinâmico pouco profundo. Perfuração com sistema rotary, circulação direta, com diâmetro 330 mm e profundidade total 84 metros. Revestimento com tubo PVC Georoscado 200 mm.

AdRA – (10/2012): construção de furo de água na Murtosa, no seguimento de um caderno de encargos. Perfuração com sistema de circulação inversa 550 mm, com profundidade total 170 metros. Execução de diagrfias e revestimento com Tubo PVC SBF DN 300 de acordo com Norma DIN 4925. Furo com problemas de água salgada provocado por um antigo furo colapsado que permitiu a entrada de água salgada da Base do Quaternário. Por isso, a importância do controle das captações feitas, essencialmente as abandonadas que, por vezes, têm de ser isoladas com cimentação completa.



**Figura 1.3** - Identificação da geologia atravessada, no furo da AdRA em Murtosa.



**Figura 1.4** - Interior da carrinha para a realização de diagrfias, no furo da AdRA em Murtosa.



Norbox – (11/2012): construção de furo de água em Ovar, com objetivo de encontrar água de melhor qualidade que a água do poço existente (grandes teores em ferro). Perfuração com sistema rotary circulação direta, com diâmetro 330 mm e perfuração com sistema a rotopercussão 220 mm, com profundidade total 102 metros. Revestimento com tubo PVC Georoscado 200 mm e 140 mm.

AdRA – (12/2012): cimentação de furo (JK1) antigo na Torreira. Foi necessário primeiramente destruir o material existente dentro do furo, para depois se proceder à selagem do mesmo.

Município de Setúbal – (01/2013): execução de dois furos de captação de água em Pinhal de Negreiros (Setúbal) segundo o caderno de encargos. Ambos os furos realizados com o método de circulação inversa, com profundidades totais 252 m. Foram realizadas diagrfias e o revestimento foi com Tubo PVC SBF DN 300 e 200 de acordo com Norma DIN 4925. Foram realizados, para além da limpeza do furo, ensaios de caudal com recurso a bombas. No final foram efetuados testes de verticalidade e videoinspenção.



**Figura 1.5** - Furo 2 em Pinhal dos Negreiros, Setúbal.



**Figura 1.6** - Ensaio de caudal, no furo 1 em Pinhal de Negreiros, Setúbal.

Stratland – (02/2013): execução de furo de captação de água em Pombal. Perfuração com sistema rotay de circulação direta, com diâmetros 350 e 290 mm, profundidade 193 m. Revestimento com tubo PVC Georoscado 200 mm e 140 mm.

AdRA – (04/2013): execução de furo de captação de água na Mamarrosa, Oliveira do Bairro no seguimento de um caderno de encargos. Perfuração com sistema de circulação inversa 550 mm, com profundidade total 184 metros. Execução de diagrfias e revestimento com Tubo PVC SBF DN 300 de acordo com Norma DIN 4925. Para uma melhor remoção das lamas do furo, foi necessário a injeção de polifostato e uma limpeza mais prolongada através de Jetting. Após a limpeza da água, foi feito o ensaio de caudal, com auxílio de uma bomba, onde se verificou uma baixa produtividade para o que se pretendia. No final foi feito uma videoinspeção. Antes de iniciar a captação foi feita a selagem do furo de água que ia ser substituído, com recurso à água de um poço existente nas proximidades para a composição da massa de cimento. Deve-se realçar que o furo selado continha água com elevado teor de sulfatos (acima dos 1800 mg L<sup>-1</sup>) o que impedia a obtenção de uma boa presa na calda de cimento. Por isso se usou água de um furo próximo para ser feita a calda.



**Figura 1.7** – Execução de furo de captação de água na Mamarrosa, Oliveira do Bairro.

Nutre – (05/2013): execução de furo de captação de água na Zona Industrial de Vagos, Aveiro. Perfuração com sistema rotary circulação direta, com diâmetro 270 mm e profundidade total 40 metros. Revestimento com tubo PVC Georoscado 140 mm. Apenas foi captado o aquífero do Quaternário.



**Figura 1.8** – Execução de furo de captação de água na empresa Nutre na Zona Industrial de Vagos.

Lidl – (06/2013): execução de quatro furos de captação de água na zona da Chamusca (Santarém) Marinha Grande, Nazaré, Leiria e Viseu Perfuração com sistema rotary, circulação direta, com diâmetro 270 mm. Em Viseu a perfuração foi realizada com ar comprimido. Revestimento com tubo PVC Georoscado 140 mm. O furo de Viseu por se encontrar nas formações do Granito do Maciço Antigo, teve uma produtividade muito baixa (cerca 300 l/h).



**Figura 1.9** - Execução de furo de captação de água no Lidl, na Marinha Grande.

Isolmondego – (07/2013): Execução de furo de captação de água na Figueira da Foz. Perfuração com sistema ar comprimido, com diâmetro 220 mm, profundidade 150 m. Revestimento com tubo PVC Georoscado 125 mm, para obter maior filtragem da água visto que as formações atravessadas foram os arenitos vermelhos.



## CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE ESTUDO

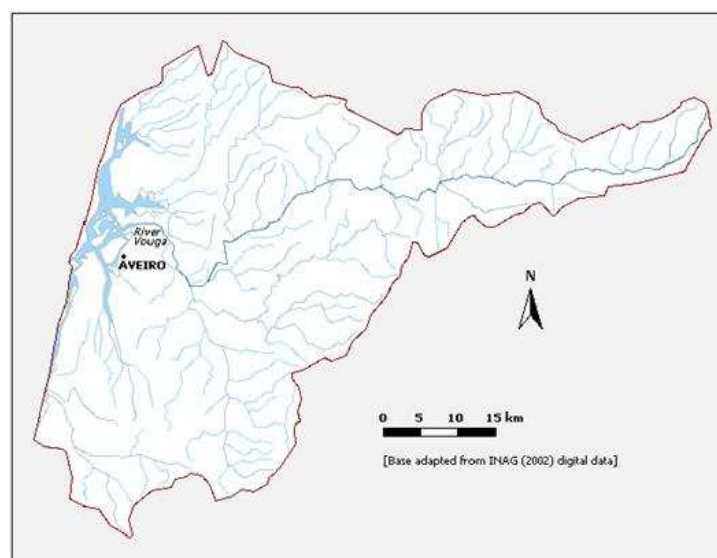
### 2.1. Enquadramento geográfico e geomorfológico

A área em estudo situa-se a noroeste de Portugal (oeste da Península Ibérica) e estende-se entre os paralelos de latitude  $40^{\circ} 30'N$  e  $40^{\circ} 53'N$ , sendo delimitada a oeste pelo Oceano Atlântico e a este pelo meridiano de longitude  $8^{\circ} 26'W$ . Está localizada na Folha 16-A e 16-C da carta geológica de Aveiro e Vagos, respetivamente, à escala 1/50.000 e enquadra-se nas cartas militares 185, 195, 196, 206 e 207, escala 1/25.000.



**Figura 2. 1** - Localização da área de estudo, Aquífero Cretácico de Aveiro. [Fonte: Melo (2002)]

Para a caracterização hidrológica da área, tem que se fazer referência à bacia hidrográfica do Vouga (Figura 2.2).



**Figura 2.2** - Mapa da bacia hidrográfica do rio Vouga. [Fonte: Melo (2002)].

O rio Vouga é o principal rio que ocorre na região. Nasce na Serra da Lapa, a cerca de 930 m de altitude e percorre 148 km até desaguar numa laguna que comunica com o mar, a Ria de Aveiro.

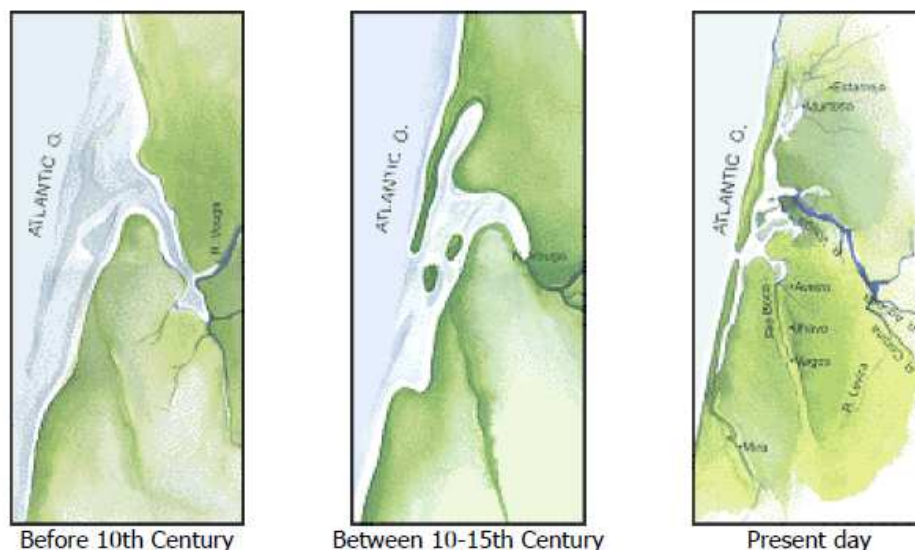
A sua bacia hidrográfica, com 3685 km<sup>2</sup> de área, é limitada a sul pela Serra do Buçaco, que a separa da bacia do Rio Mondego, e a norte pelas serras de Leomil, Montemuro, Lapa e Freita, que a separa da bacia do Rio Douro.

Esta bacia não tem no seu conjunto um rio principal bem diferenciado e respetivos afluentes. De facto, trata-se de um conjunto hidrográfico de rios que atualmente desaguam de forma individualizada na Ria de Aveiro, muito perto da foz do Rio Vouga, havendo ainda uma densa rede de canais mareais e deltas relacionados com a mesma laguna. Os rios principais deste conjunto são a norte, o próprio Rio Vouga e seus afluentes até à confluência com o Rio Águeda, o Rio Águeda e o seu afluente, Rio Cértima, podendo incluir-se ainda o Rio Caster e o Rio Antuã. A sul, tem-se como rio principal o Boco e a Ribeira da Corujeira. Numa planície de baixa altitude aluvial, o rio Vouga domina completamente a topografia local e geologia de superfície na área de estudo.

A configuração e distribuição hidrográfica da bacia são determinadas, na zona norte, pelas serras de Leomil, Montemuro e Lapa (onde nasce o Rio Vouga, em Lapinha, à cota de 930 m) e, ainda, pelas serras de Arada (ou Freita), e, na zona sul, pelas serras do Caramulo e Buçaco.

A Ria de Aveiro é uma formação recente, originada pela deposição de aluviões numa extensa baía que no Século X se desenvolvia entre Espinho e o Cabo Mondego e na qual se abria um largo estuário onde desaguavam os rios Vouga, Águeda e Cértima separadamente. A planície aluvionar onde se insere encontra-se ainda em evolução morfológica drenando um conjunto de linhas de água que abarcam uma área superior àquela que é drenada pelo próprio Rio Vouga em Angeja. A zona aluvionar estende-se desde Mira, a sul, até Ovar, a norte, e penetra pelo vale do Vouga até Angeja. A ria ocupa, em pleno enchimento, um espelho de água com cerca de 47 km<sup>2</sup>, reduzindo-se a 43 km<sup>2</sup> durante a baixa-mar. Numa maré morta de um metro de amplitude penetram na ria cerca de 25 hm<sup>3</sup> de água salgada. Em maré viva, o prisma de maré ascende a 60 hm<sup>3</sup>.

O desenvolvimento da Ria de Aveiro é um processo de evolução muito dinâmico, desde o seu início (Fig. 2.3).



**Figura 2.3** - Mapas esquemáticos descrevendo a evolução da “Ria de Aveiro” durante os últimos 1000 anos. [Fonte: RNDJ (2002)].

O fluxo natural de água na lagoa trouxe sedimentos produzindo o seu assoreamento progressivo e ao desenvolvimento a sul de uma barra de areia barreira, paralela à costa, que ajudou a reter os sedimentos. Esta retenção de sedimento quase isolou a lagoa do Oceano Atlântico em várias ocasiões durante os últimos séculos.



Um canal de entrada artificial foi construído no ano de 1808 para garantir o permanente acesso directo ao mar e a dragagem tem sido historicamente usada para prevenir o assoreamento do canal e para manter a lagoa aberta para fluxos de maré e o funcionamento do porto de Aveiro. Atualmente, a profundidade média da lagoa é de 1 a 2 m, mas pode atingir 5 a 10 m nos canais de navegação onde as operações de dragagem são frequentemente realizadas (Dias et al., 1999). No entanto, a construção do canal aumentou o prisma de maré e a velocidade da corrente na Ria de Aveiro, intensificando os processos erosivos e colocando o natural equilíbrio deste sistema em risco. Processos erosivos, em conjunto com as atividades de piscicultura, são em grande parte, responsáveis pela quase extinção de produção de sal na região de Aveiro, uma ancestral e importante atividade económica que remonta ao século X (Rezende, 1944).

## 2.2. Caracterização climática da zona

As características climáticas desta área prolongam-se desde a linha de costa praticamente até à Plataforma Pliocénica localizada a oriente. Encontra-se localizada numa área de baixa altitude e de uma efetiva proximidade do litoral ocidental, denunciando assim um clima muito próximo do que é habitualmente caracterizado como de influência atlântica, atenuado pela proximidade do mar e sem qualquer intervenção do relevo.

A temperatura média anual varia entre 14.6 °C no litoral e 12.4 °C no interior montanhoso (Caramulo), sendo janeiro o mês mais frio e julho e agosto os mais quentes.

A humidade relativa é geralmente elevada no litoral, em regra superior a 75%. No interior a amplitude de variação é maior, oscilando entre 55% (agosto) e 86% (janeiro).

A precipitação média anual varia de 900 mm no litoral a mais de 2000 mm na zona montanhosa, sendo o verão a época mais seca. No que respeita a ventos, na zona litoral predominam os de NW e N, enquanto no Caramulo são os de W e NE os mais frequentes.

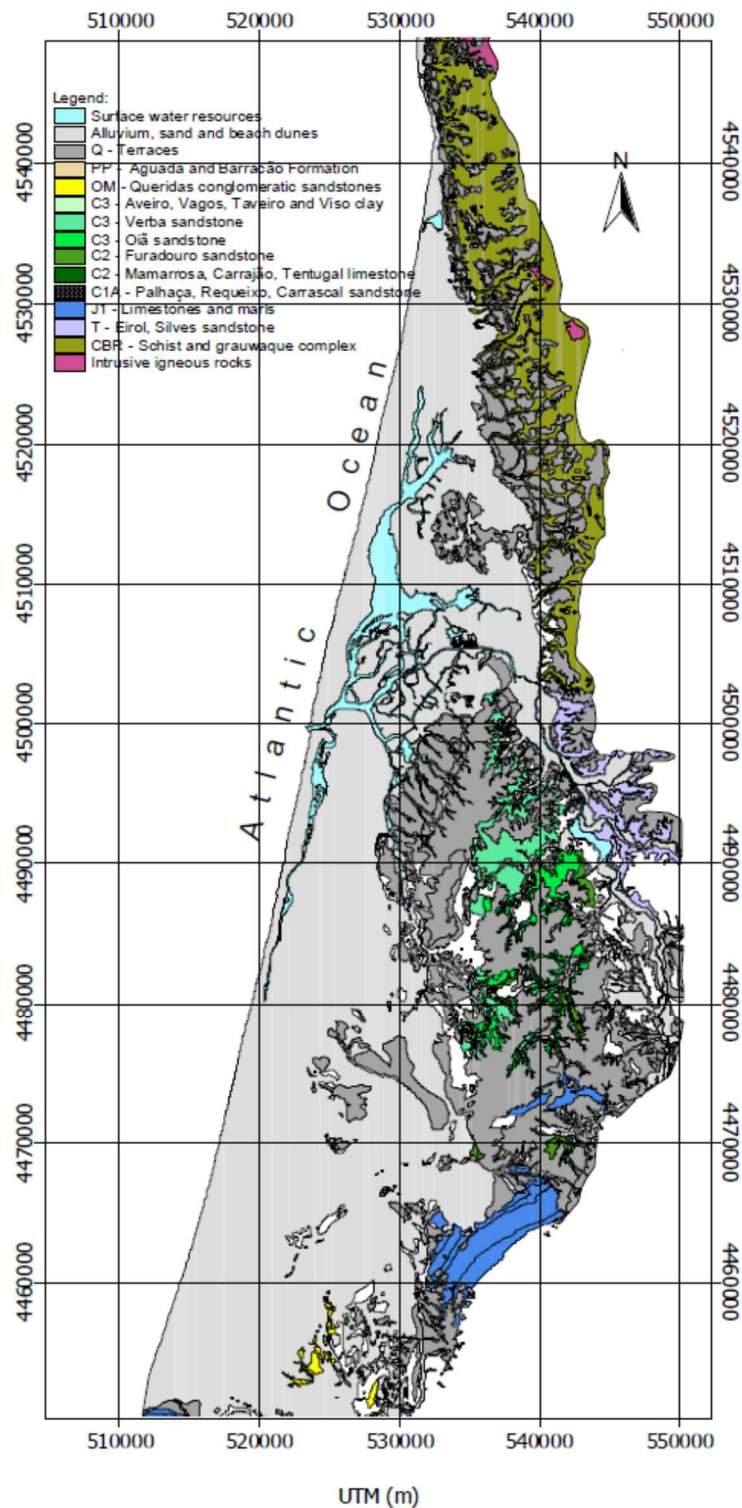
De acordo com a classificação Thornthwaite (Ferreira, 1995), a região em estudo apresenta um clima pouco húmido, temperado, com défice de água moderado no verão e eficácia térmica no verão nula ou pequena. O clima da região em estudo apresenta características mediterrâneas embora com influências diretas oceânicas. Daveau et al. (1985) classifica o clima como de “tipo marítimo da fachada atlântica”.

## 2.3. Enquadramento geológico

Os primeiros estudos geológicos da região, particularmente dos materiais cretácicos da Bacia Ocidental Portuguesa, devem-se aos geólogos Carlos Ribeiro e Nery Delgado com a primeira edição da Carta Geológica de Portugal 1/500000, em 1876. Desde aí têm sido desenvolvidos trabalhos de pormenor de carácter geodinâmico, estratigráfico, sedimentológico, mineralógico e hidrogeológico, que permitem estabelecer um quadro geológico interpretativo da génese, da evolução e da geometria da bacia. O substrato da Bacia Sedimentar de Aveiro é essencialmente formado por xistos e micaxistos do Proterozóico, aflorante na bordadura NE da bacia e posicionado a profundidades crescentes para oeste.

A parte atualmente emersa da Bacia Sedimentar de Aveiro constitui a área de estudo desta dissertação, principalmente, a abrangida pelos concelhos de Aveiro, Ílhavo e Vagos.

Segundo a folha 16-A Aveiro da Carta Geológica de Portugal (Figura 2.4), na correspondente área, ocorrem cinco unidades litoestratigráficas, de acordo com Teixeira e Zbyszewski (1976):



**Figura 2.4** - Mapa geológico da região em estudo. A informação geológica foi digitalizada a partir das cartas geológicas, folhas: 13- C Ovar, 16-A Aveiro, 16 – C Vagos e 19-A Cantanhede. [Fonte: Barra (1998)]

Quaternário (Depósitos modernos; Plistocénico)

Cretácico;

Triásico superior;

Complexo xisto-grauváquico,

referidas da unidade mais recente para a mais antiga.

Em relação à folha 16-C Vagos (Figura 2.4), são cartografadas três unidades litoestratigráficas:

Quaternário;

Cretácico;

Jurássico Inferior (Liásico)

A série sedimentar cretácica é a que apresenta maior desenvolvimento na área mapeada. Esta série inicia-se por uma formação gresosa, que assenta discordantemente sobre os calcários e as margas Liásicas.

### 2.3.1. Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico

Na região de Aveiro, o Complexo Xisto-Grauváquico, é materializado pela Formação dos Xistos de Arada, que são xistos argilosos, finos, sub-verticais, frequentemente, muito alterados. A Formação dos Xistos de Arada está ausente na folha 16-C Vagos, mas afloram a nordeste da área em estudo, e têm ocorrência mais profunda em direção ao Atlântico [ocorrência a 92 m de profundidade em Cacia, 209 m em Esgueira e 350 m em Ílhavo - Teixeira e Zbyszewski (1976)]. Sobre esta formação assentam os materiais Cretácicos. Em áreas mais restritas, os xistos formam o substrato subjacente ao Triásico e aos Depósitos modernos.

### 2.3.2 Triásico superior

Na região o Triásico tem expressão local (cartografado no extremo Este-Sudeste da folha 16-A) e está representado pelos Arenitos de Eirol. Esta formação é constituída por arenitos e conglomerados bem consolidados, dispostos em bancadas, facilmente identificáveis pelas suas tonalidades avermelhadas. Estes materiais foram muito explorados como material de construção, sobretudo para a construção civil e obras do Caminho-de-ferro.

### 2.3.3. Jurássico inferior (liásico)

O Jurássico na bacia de Aveiro compreende, essencialmente, uma extensa mancha situada no canto SE da folha 16-C Vagos, e é constituída por calcários, calcários margosos e margas, e que é composto por quatro subunidades (Barbosa, 1981):

- (Jg) – Calcários margosos e margas (Toarciano);
- (Jf) – Calcários e calcários margosos (Domeriano);
- (Je) – Margas e calcários margosos (Carixiano-Domeriano);
- (Jcd) – Calcários dolomíticos (Lotaringiano).

Com base na correspondência com outros sedimentos da Bacia Lusitânica, a mesma unidade Jurássica pode, de acordo com Rocha (1993), ser subdividida, em:

- Margas de Eiras (Carixiano – Domeriano);
- Camadas de S. Miguel (Lotaringiano Superior – Carixiano Inferior);
- Camadas de Coimbra (Sinemuriano-Lotaringiano Inferior);
- Margas de Dagorda (Hetangiano).

Sobre as margas e os calcários Liásicos (Jurássico inferior) assenta, discordantemente, uma formação gresosa do Cretácico. Observa-se uma importante descontinuidade na sequência deposicional, que proporciona considerável lacuna estratigráfica. Estão ausentes os sedimentos correspondentes ao Jurássico Médio e Superior e parte do Cretácico Inferior, isto é, existe um lapso temporal de cerca de 55 Ma (Toarciano-Apciano), facto que sugere uma notável descida do nível do mar (Rocha, 1993).

### 2.3.4. Cretácico

Esta é a unidade que, a par com os Depósitos Modernos, tem um desenvolvimento mais importante na região de Aveiro.

#### 2.3.4.1. Cretácico Médio (Aptiano-Albiano?)

Os terrenos mais antigos cartografados na unidade Cretácica correspondem aos Arenitos de Requeixo (Teixeira e Zbyszewski, 1976), equivalentes ao Grés da Palhaça (Barbosa, 1981). As designações, tais como, Grés Belasiano (Choffat, 1900) e Lauverjat, 1982), Grés grosseiro Inferior (Soares, 1982) ou Arenitos do Carrascal (Manuppella et al. 1976), são também usadas para se referirem à mesma unidade litoestratigráfica.

Esta formação é composta essencialmente por arenitos margosos ou argilosos, esbranquiçados, acinzentados ou acastanhados, que formam um complexo gresoso, com uma espessura que ultrapassa a centena de metros. Esta formação assenta sobre as camadas do Triásico ou sobre os xistos Ante-Ordovícicos. No sector sudeste da bacia, os arenitos de Requeixo assentam sobre as margas Liásicas, anteriormente referidas.

Aos Arenitos de Requeixo sobrepõem-se as camadas Turonianas, que segundo Teixeira e Zbyszewski (1976), são designadas na Carta Geológica por Calcários e Argilas cinzentas de Carração, sendo equivalentes aos Calcários da Mamarrosa, (Cenomaniano-Turoniano?) da Folha 16-C Vagos, e à Formação Carbonatada referida por Soares (1966). São constituídas por alternâncias de argilas negras, calcários margosos e margas cinzentas escuras, e contêm abundante conteúdo fóssil.

A transgressão Cenomaniana, que se desenvolveu na Orla Litoral Portuguesa, constituiu um dos maiores ciclos transgressivos conhecidos à escala mundial. A este período transgressivo segue-se um período regressivo, iniciado ainda no Cenomaniano e que se prolonga pelo Turoniano Inferior (Lauverjat, 1982).

#### 2.3.4.2. Cretácico Médio a Cretácico Superior (Turoniano-Santoniano)

Com a emersão da maior parte do sector setentrional, antes do Turoniano Inferior, e com a zona de subsidência deslocada para norte do eixo Mogofores-Tocha, apenas uma restrita área, centrada em Mira, preserva a sedimentação marinha. Assim, o Turoniano Médio-Superior e a base do Senoniano, estão representados por uma série de arenitos claros, aparentemente de origem continental, com intercalações de argila e leitos de conglomerado, designados na folha 16-A Aveiro por Arenitos de Mamodeiro (Teixeira e Zbyszewski, 1976). Na região Mira-Vagos, Barbosa (1981) identifica três unidades gresosas:

- C3 – Grés de Furadouro (Turoniano);
- C3-4 – Grés de Oiã (Turoniano-Coniaciano);
- C4 – Grés de Verba (Coniaciano-Santoniano).

No Quadro 2.1 está patente uma síntese litoestratigráfica das unidades geológicas pós-Jurássico que ocorrem na região.

#### 2.3.4.3. Cretácico Superior (Senoniano)

Estratigraficamente, por cima dos Arenitos de Mamodeiro, a cobrir toda a sequência cretácica, aparecem os Arenitos e Argilas de Aveiro, designação atribuída por Teixeira e Zbyszewski (1976) aos materiais areníticos, siltíticos e argilíticos.

Estes materiais correspondem sobretudo a argilas lagunares, com intercalações siltosas, depositadas numa depressão que se desloca cada vez mais para norte, por migração da zona de subsidência, no decurso do Senoniano.

A unidade Argilas de Aveiro é correspondente às Argilas de Vagos de Barbosa (1981) e, em parte, às Assentadas Fluvio Marinhas de Choffat (1900).

**Quadro 2.1** - Síntese litoestratigráfica das unidades pós-Jurássico que ocorrem na região [in Rocha, 1993, modificado de Ferreira Soares et al., 1982].

	MAMARROSA-AVEIRO Choffat, 1900 Mod. Carrington da Costa, 1937	AVEIRO (16-A) Teixeira e Zbyszewski, 1976	VAGOS (16-C) Barbosa, 1981	MARGEM DIREITA DO RIO MONDEGO Mod. Ferreira Soares, 1986	
QUATERNÁRIO		DEP. PRAIAS E TERRAÇOS FLUVIAIS	DEP. PRAIAS E TERRAÇOS FLUVIAIS	DEP. PRAIAS E TERRAÇOS FLUVIAIS	
PLIO- PLEISTOCÉNICO		FORMAÇÃO DE AGUADA		AREIAS DE ARAZEDE	DEP. DE SANTA LUZIA
MAESTRICHTIANO	II - ASSENTADAS FLUVIO- MARINHAS	ARENITOS E ARGILAS DE AVEIRO	Conglomerado de Mira	AREIAS E ARGILAS DE VIZO	GRÉS E ARGILAS DE PAMPILHOSA DE BOTÃO
CAMPANIANO					
SANTONIANO					
CONIACIANO	I - GRÉS DE CEADOURO	ARENITOS DE MAMODEIRO	Grés de Picouto- Siadouro	GRÉS DE VERBA	GRÉS GROSSEIROS SUPERIORES
TURONIANO			GRÉS DE OIA		
			GRÉS DE FURADOURO		
CENOMANIANO	CALCÁRIOS DA MAMARROSA	CALCÁRIOS E ARGILAS DE CARRAJÃO	CALCÁRIOS DA MAMARROSA	FORMAÇÃO CARBONATADA	Grés de Canedo- Cabeças
ALBIANO	GRÉS "BELASIANOS" Sem fósseis marinhos	ARENITOS DE REQUEIXO	GRÉS DA PALHAÇA	GRÉS GROSSEIROS INFERIORES	
APTIANO (?)					

Os Arenitos e Argilas de Aveiro aparecem desde o rio Vouga, a norte e a este, e estendem-se para sul até Mira. Estão quase sempre cobertos pelos Depósitos Modernos, que no eixo Aveiro-Ílhavo-Vagos, são representados predominantemente, por areias de praias antigas, que formam uma extensa superfície aplanada, com espessura na ordem da dezena de metros, permitindo que as Argilas de Aveiro-Ílhavo-Vagos (AAIV), subjacentes, aflorem nos contornos das depressões topográficas, concedendo um aspecto dendrítico aos afloramentos.

Os Arenitos e Argilas de Aveiro são certamente os mais recentes sedimentos Cretácicos conhecidos nesta região setentrional da Bacia Lusitânica. Pertencem ao final do período Cretácico, mais concretamente ao Cretácico Superior (Senoniano). Teixeira e Zbyszewski (1976) posicionam estes sedimentos nas camadas Maestrichtianas enquanto Lauverjat (1982) posiciona-os no Campaniano-Maestrichtiano, admitindo que possam mesmo representar o Maestrichtiano. Barbosa (1981) admite para estes sedimentos uma idade Santoniana(?)-Maestrichtiana. Esta idade é também admitida por Soares et al. (1982), quer para esta unidade, quer para a sua correlativa da região Mira-Vagos.

A composição litológica da formação Arenitos e Argilas de Aveiro compreende: argilas maciças de cores esverdeadas, acinzentadas ou avermelhadas; níveis carbonatados de calcários margosos; níveis silto-argilosos ou areno-argilosos; margas; dolomias.

Entre o final do Cretácico e a deposição das unidades Pós-Cretácico, interpõe-se um largo período temporal, cerca de  $60 \pm 5$  Ma, dominantemente erosivo (Soares et al., 1982). Esta lacuna só tem tal amplitude a norte do eixo estrutural Mogofores-Tocha, onde os depósitos Placencianos (Teixeira, 1979), assentam diretamente sobre os depósitos do topo do Cretácico, ainda que na plataforma continental

vizinha ocorram importantes depósitos Terciários do Paleogénico e do Neogénico sobre o Cretácico Maestrichtiano, segundo Boillot et al., 1972, 1978 e Mougénot, 1989 (in Rocha, 1993).

A nível global, a passagem do Cretácico ao Terciário é marcada por uma “crise geológica”, com modificações climáticas abruptas, supostamente responsáveis pela extinção de grande número de espécies, entre as quais os dinossáurios. Tais condições ambientais anómalas desconhecidas deixaram o seu registo no chamado “limiar argiloso Cretácico-Terciário”, sobre o qual, investigações de natureza mineralógica e geoquímica têm revelado anomalias significativas, suportando interpretações que invocam causas terrestres e extraterrestres (in Rocha, 1996).

### **2.3.5. Plio-plistocénico**

Desta unidade fazem parte, segundo Teixeira e Zbyszewski (1976), os Depósitos de Praias Antigas e os Depósitos de Terraços Fluviais.

#### **2.3.5.1. Depósitos de Praias Antigas**

Os Depósitos de Praias Antigas formam o recobrimento de uma importante parcela das formações Cretácicas, sendo que, no bordo nordeste da bacia, ocorrem diretamente sobre os Xistos de Arada do Complexo Xisto-Grauváquico, que constitui o soco Ante-Ordovício. Estes depósitos são constituídos, essencialmente, por areias finas ou grosseiras e cascalheiras com calhaus rolados, dispostos em leitos que podem atingir espessura significativa. As suas cores, habitualmente, claras, e o acentuado rolamento patente nos seus clastos, dos mais finos aos mais grosseiros, evidenciam a sua génese. Estes depósitos podem ser escalonados em níveis, conforme a cota a que ocorrem, como acontece na Carta Geológica de Aveiro, não variando, no entanto, significativamente, na sua composição.

Os materiais constituintes dos Depósitos de Praias Antigas são, na área, muito explorados como materiais de construção, seja sob a forma agregados (areias e gados lavados), seja como bases granulares para fins rodoviários. Outrora estes materiais foram muito utilizados para o fabrico de adobes, muito característicos da construção antiga local.

Os Depósitos de Terraços Fluviais são similares aos Depósitos de Praias, distinguindo-se destes por serem geralmente de granulometria mais grosseira e ocuparem níveis relativamente baixos adjacentes ao rio Vouga. A sua ocorrência é também, geograficamente, muito mais restrita.

#### **2.3.5.2. Depósitos Modernos**

Unidade constituída, essencialmente, por:

- (a) aluviões actuais;
- (b) areias de praia;
- (c) areias de duna.

A área a oeste do eixo Aveiro-Ílhavo-Vagos é ocupada, predominantemente, pelos Depósitos Modernos, principalmente, pelas aluviões atuais, designação atribuída na carta às aluviões que circundam a ria e que são constituídas por lodos, por lodos arenosos, por lodos micáceos, por lodos com conchas, por areias lodosas e por areias grosseiras, por vezes, com calhaus rolados, que assentam sobre o substrato.

As areias de praia formam um extenso cordão litoral, que se estende com direção nordeste-sudoeste em toda a região, interrompido apenas pela abertura do canal da Barra.

Como que coroando o cordão litoral, estendendo-se para este, surgem as areias de duna, que, em alguns locais, formam cobertura relativamente extensa, cobertura arenosa eólica que assenta sobre o Cretácico e o Quaternário (Barbosa, 1981).



A larga lacuna Terciária, que fica implícita quando se sobrepõe o Plio-Plistocénico ao Cretácico Terminal, pode não ser tão extensa. Com efeito, Lauverjat (1982) admite, com base em sondagens realizadas na região, a existência nesta região de materiais Pliocénicos, conservados num suposto graben com orientação Norte-Sul localizado na sua grande parte off-shore.

Mais recentemente, Rocha e Gomes (1991), baseados em estudos mineralógicos e sedimentológicos conduzidos sobre a fração fina dos sedimentos Pós-Cretácicos, em especial a fração argilosa, admitem a subdivisão destes sedimentos em, pelo menos, quatro unidades, que se distribuem do Paleogénico (?) ao holocénico (?), individualizadas pelas suas associações de minerais argilosos.





## CAPÍTULO 3 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE AVEIRO

### 3.1. Introdução

Para caracterizar um meio geológico com aquífero existem três critérios fundamentais: geológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos (Castany, 1982). A região de estudo pode ser dividida, em função destes critérios, em dois sistemas aquíferos (Figura 3.1):

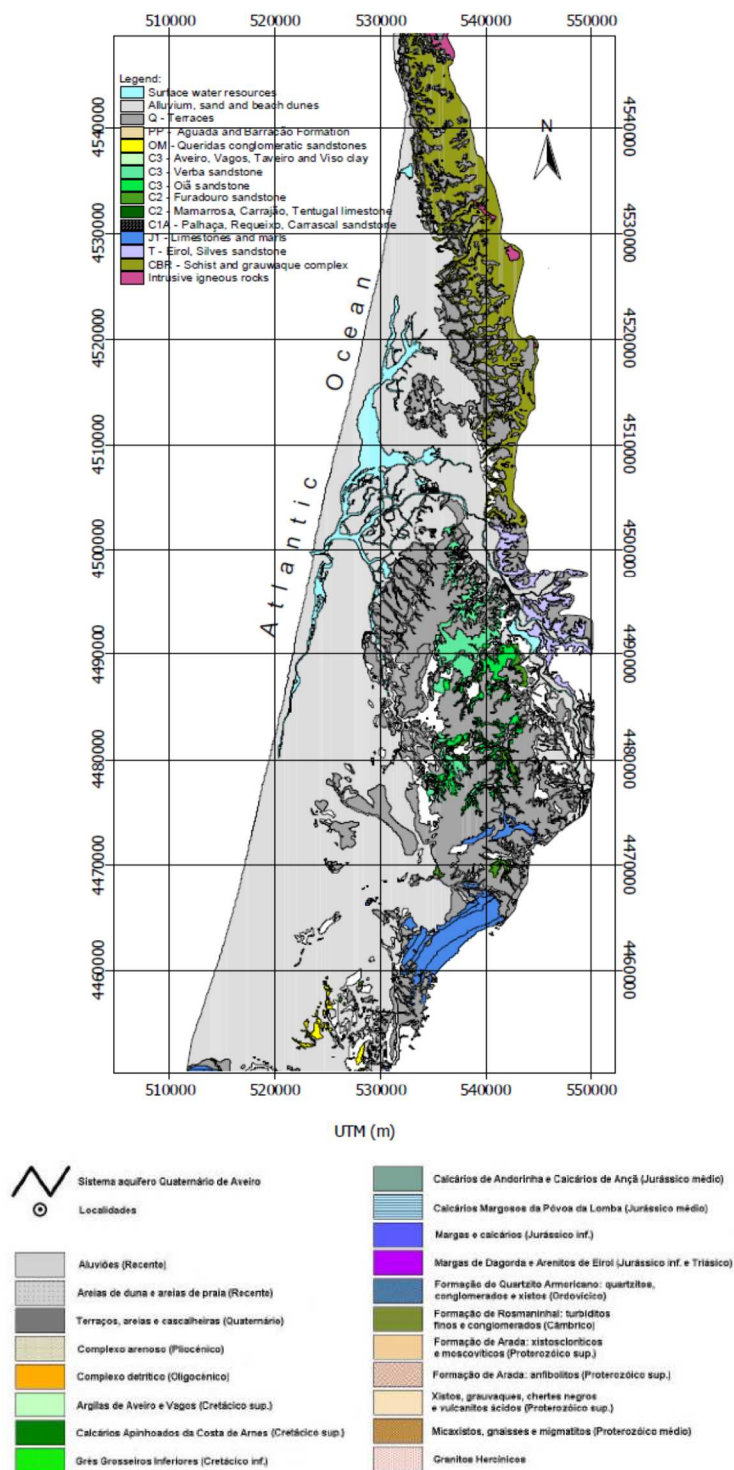


Figura 3.1 - Enquadramento litoestratigráfico do sistema aquífero do Quaternário de Aveiro. [Fonte: Almeida (2000)].

- (a) um sistema superficial, com várias unidades sobrepostas, com conexão hidráulica entre elas e que constituem o Sistema aquífero do Quaternário;
- (b) um outro, geralmente profundo (exceto, no sector Este, onde aflora), formado por vários subsistemas também sobrepostos, e que constituem o Sistema Multiaquífero do Cretácico (Marques da Silva, 1990).

### 3.1.1. Sistema aquífero do Quaternário

Neste sistema (Figura 3.1) pode-se considerar os seguintes grupos de unidades aquíferas quaternárias:

- a) O Plistocénio, constituído pelos diversos terraços fluviais e antigas praias. Embora, a região tenha uma grande extensão constituída por várias plataformas bem marcadas desde do ponto de vista geomorfológico, é uma formação descontínua, podendo considerar-se que se trata de várias unidades de carácter mais ou menos local. É facilmente recarregado, tanto a nível vertical como lateral e crê-se que na zona oriental constitui o teto permeável do Cretácico, contribuindo assim para a sua recarga natural;
- b) O Holocénio, instalado principalmente no sistema do delta do rio Vouga, sistema de praias e Ria de Aveiro e as aluviões recentes dos rios. De forma resumida pode-se considerar duas unidades aquíferas: uma superficial, essencialmente arenosa, sobreposta a um dos níveis de lodos orgânicos, escuros, por vezes cheios de conchas, e que se comporta hidraulicamente como livre. A outra, uma unidade confinada pelos referidos níveis de lodos orgânicos, é preenchida por cascalhos e areias grossas, com passagens argilosas e/ou cantos muito grossos e com característica de semiconfinada a confinada (Marques da Silva, 1990).

Além destas, há várias outras unidades pequenas de aluviões recentes, sempre ligados aos rios e que devido a isso, podem ter uma certa importância local ou inclusive regional. Estas unidades aquíferas holocénicas cobrem o Cretácico permeável somente no vale do rio Vouga, entre Eirol e Cacia (Marques da Silva, 1990).

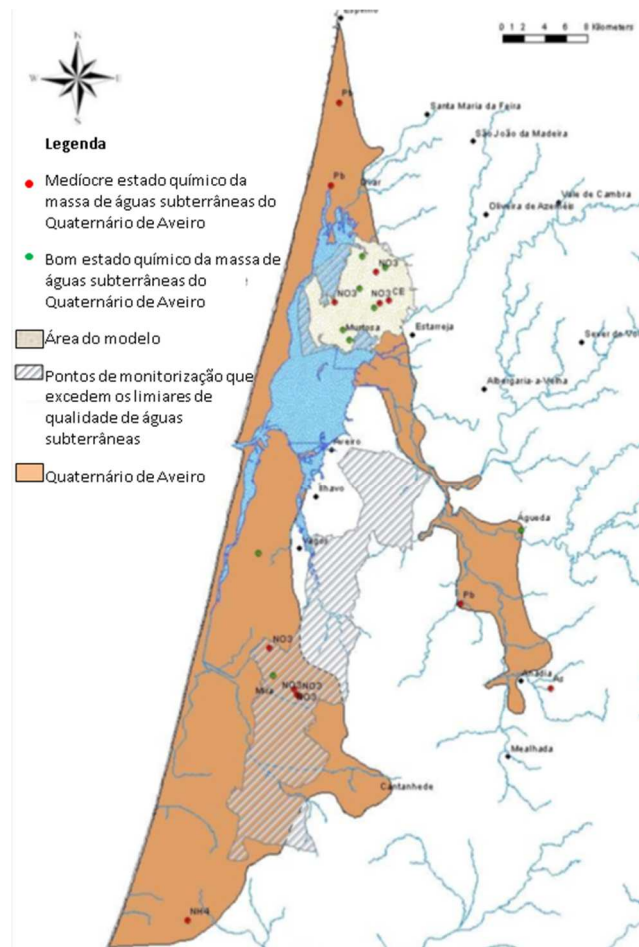
Desde 1960 os programas de investigação têm incidido sobre estas formações quaternárias, dada a sua produtividade e fácil acesso (profundidades máximas de 40 m). Contudo, as águas deste sistema aquífero apresentam frequentemente valores elevados de ferro e em alguns casos salinização (em geral águas salobras), tornando-as impróprias para uso urbano e industrial.

Durante o período de 2007-2010, realizou-se uma avaliação do estado químico desta massa de água, com base na informação de 22 pontos de água onde foram efetuadas 153 análises químicas. Este estudo revelou a presença de nitratos cujas pressões são essencialmente sazonais. Quinze dos pontos referidos anteriormente pertencem à rede de monitorização das concentrações de nitratos nas zonas vulneráveis de Estarreja-Murtosa e do Litoral Centro.

Com base no critério de qualidade (LQ) ou das normas de qualidade (NQ), e de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006, a avaliação do estado químico foi efetuada, para cada ponto de monitorização, através do cálculo dos valores médios de nove parâmetros e da sua comparação com as NQ e valores definidos em INAG (2005). Para o conjunto de análises químicas fornecidas pela ARH Centro não havia informação para os seguintes quatro, dos 13, elementos: mercúrio (Hg), tricloroetileno, tetracloroetileno e pesticidas.

A figura 3.2 apresenta o mapa com a síntese da avaliação do estado químico da massa de águas subterrâneas do Quaternário de Aveiro, com o parâmetro responsável pelo estado químico (EQ) medíocre de cada ponto. A comparação entre os valores médios por ponto de monitorização permitiu concluir que 13 dos 22 pontos de monitorização apresentavam valores médios que excedem os limites

estabelecidos de qualidade das águas subterrâneas (Simões et al., 2013) o que revela a má qualidade de água extraída deste aquífero.



**Figura 3.2** - Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas do Quaternário de Aveiro, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL nº 77/2006. [Fonte: Simões (2013)].

Este facto impõe assim a necessidade de recorrer às águas subterrâneas do aquífero Cretácico de Aveiro.

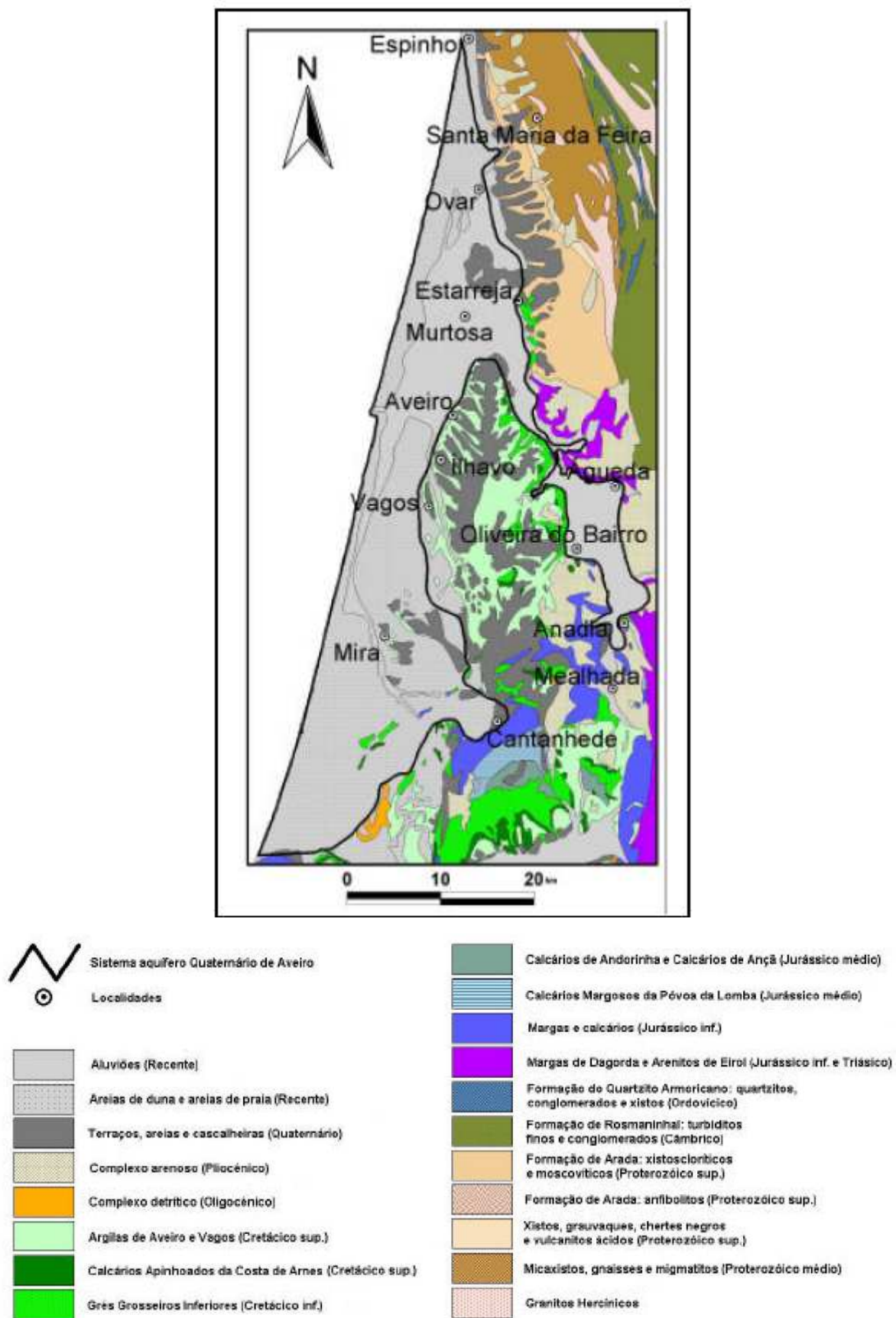
### 3.1.2. Sistema multiaquífero Cretácico

O abastecimento de água de uma grande parte das indústrias situadas na zona de Aveiro bem como os municípios, de Aveiro, Ílhavo, etc., é realizado, exclusivamente, com água captada no chamado aquífero profundo, normalmente conhecido como Aquífero Cretácico (Marques da Silva, 1990).

Este aquífero é formado por vários subsistemas sobrepostos, constituindo assim o Sistema Multiaquífero Cretácico. Este sistema está instalado nas formações detríticas do Belasiano, nas camadas carbonatadas do Cenomaniano, na sequência detrítica do Turoniano e base do Coniaciano.

O comportamento hidrogeológico das 5 unidades litoestratigráficas do cretácico, em traços gerais, é o seguinte:

*C<sup>5</sup> - Arenitos e Argilas de Aveiro:* unidade constituída, essencialmente, por argilas e/ou margas. Para efeitos práticos é considerada como impermeável e constitui o teto do sistema multiaquífero (Saraiva et al., 1983);



**Figura 3.3** - Enquadramento litoestratigráfico do sistema aquífero do Cretácico de Aveiro. [Fonte: Almeida (2000)].

*C<sup>4</sup> - Grés Grosseiros Superiores:* esta unidade é constituída por uma alternância de argilas e grés, observando-se um predomínio da componente argilosa no topo da formação. Esta alternância e variabilidade litológicas são o reflexo dos ambientes de deposição essencialmente continentais, desta unidade. Esta heterogeneidade litológica reflete-se nas características hidrogeológicas da formação, ou seja, a zona inferior apresenta características de permeabilidade que permitem a sua exploração e a zona média e superior apresentam um grau de permeabilidade baixo, que leva a um aumento na mineralização da água (Marques da Silva, 1990).

É importante destacar que em certas ocasiões os níveis piezométricos são surgentes.

Do ponto de vista hidrogeológico existe uma elevada anisotropia: a permeabilidade vertical poderá ser várias vezes menor que a horizontal, devido à estratificação referida. Dadas as características descritas, considera-se esta unidade como um aquífero.

*C<sup>3</sup> - Grés Micáceos Finos a Muito Finos:* constituída por uma sequência, bem definida, de areias muito finas a muito grosseiras, delimitada por argilas orgânicas micáceas. Representa a unidade mais permeável de todo o sistema multiaquífero cretácico e a qualidade química da água é boa em toda a área (Marques da Silva, 1990). Estas características fazem com que esta unidade seja considerada como um aquífero de excelente qualidade.

*C<sup>2</sup> - Formação Carbonatada:* esta unidade não existe em toda a área e apresenta espessuras e fácies muito variadas, embora o carácter carbonatado apareça muito bem representado. Possui qualidades hidroquímicas e hidráulicas muito boas.

*C<sup>1-2</sup> - Grés Grosseiros Inferiores:* esta unidade é muito mais complexa de descrever e sintetizar (hidrogeologicamente falando) do que qualquer uma falada anteriormente.

Se do ponto de vista litológico esta unidade apresenta características mais ou menos homogêneas, do ponto de vista hidrogeológico devem considerar-se três partes distintas, definidas de acordo com as características químicas, piezométricas e permeabilidade.

- (a) *Sequência mais superficial:* possui uma boa qualidade química e uma boa produtividade, sendo por isso bastante explorada. Esta sequência está incluída no conjunto de aquíferos de águas doces e boa permeabilidade;
- (b) *Parte intermédia:* esta sequência é mais mineralizada que a anterior e possui uma permeabilidade muito mais baixa. Atualmente a sua piezometria é mais elevada relativamente à sequência superior. Não foram encontrados indícios de que existam conexões hidráulicas com a sequência anterior;
- (c) *Parte inferior:* possui baixa permeabilidade e contém águas com mineralização mais elevada. Por outro lado, os seus níveis piezométricos são também altos, normalmente superiores à parte intermédia, o que indica que as duas partes poderão manter uma certa separação hidráulica.

Do ponto de vista hidráulico, o sistema multiaquífero Cretácico representa um sistema confinado, constituído por sequências sedimentares do Cretácico inferior ao Cretácico superior. Tendo em conta a piezometria em regime natural admite-se que o fluxo subterrâneo tivesse alguma concordância com a estrutura geral (em sinclinal) do sistema. Há direções do fluxo natural convergentes para a zona central, tendo a direção principal resultante uma orientação E-W (Marques da Silva, 1990).

As formações permeáveis afloram apenas numa faixa estreita de orientação aproximadamente N-S, a leste da bacia, a cerca de 25 km da linha de costa. Esta faixa representa a área de recarga do sistema e o fluxo subterrâneo principal, com a direção aproximada E-W, segundo o eixo da estrutura (Peixinho de Cristo, 1985; Marques da Silva, 1990).





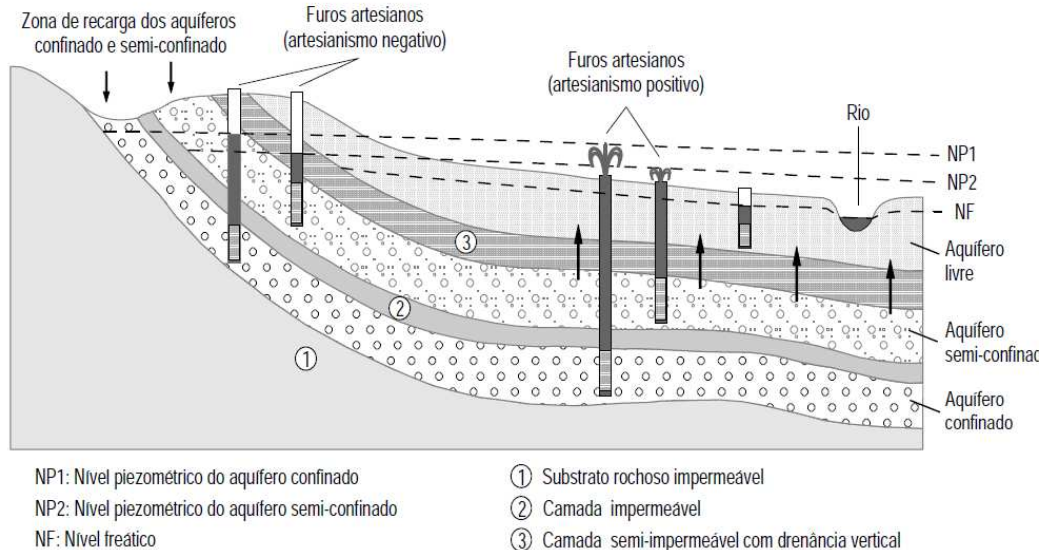
## CAPÍTULO 4 - CONSTRUÇÃO DE UM FURO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

### 4.1. Introdução

A água a captar é aquela que existe no seio das formações geológicas. Para tal, é necessário que essas formações constituam “aquíferos”, isto é, formações que permitam o armazenamento da água e a sua circulação, bem como a sua exploração com vista à satisfação das diferentes necessidades do Homem em condições economicamente vantajosas. Tradicionalmente, consideram-se três tipos de terrenos ou formações litológicas onde esses “espaços” podem ocorrer, sendo possível definir outros tantos tipos de aquíferos:

- (a) Aquífero Fissurado – em que formação geológica é constituída por rochas duras cujas fraturas/fissuras permitem a circulação de água, conferindo-lhe “permeabilidade fissural” (e.g. quartzitos, granitos, xistos não alterados, etc.);
- (b) Aquífero Cársico – em que a formação geológica é geralmente constituída por rochas carbonatadas com cavidades por vezes de grandes dimensões, resultantes da dissolução dos materiais que a constituem (e.g. calcários) e que lhe permitem um rápido escoamento subterrâneo;
- (c) Aquífero Poroso – em que a formação geológica contém poros ou interstícios resultantes do arranjo dos materiais que a constituem deixando espaços vazios (e.g. areias e cascalheiras) e que lhe conferem “permeabilidade intersticial”.

Os aquíferos podem também ser classificados quanto à pressão a que está submetida a água neles contida. Neste contexto, e conforme a Figura 4.1, existem os seguintes tipos de aquífero:



**Figura 4.1- Classificação dos aquíferos quanto à pressão.**

- (a) *Aquífero livre (Aquífero freático)*: aquífero em que a superfície livre da água nele contida está à pressão atmosférica. Assim, num determinado ponto, um furo que atravessasse, total ou parcialmente, um aquífero livre, o nível da água ou nível freático, coincidirá com o limite superior da zona saturada nesse ponto. Os aquíferos livres são superficiais ou sub-superficiais, o que facilita a sua exploração e recarga, mas também a sua contaminação;
- (b) *Aquífero confinado (Aquífero cativo)*: aquífero limitado superior e inferiormente por formações impermeáveis ou praticamente impermeáveis. Nos aquíferos confinados, a água está submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica e todos os poros ou outros espaços estão

completamente saturados de água. Num furo que intersete um aquífero confinado, o nível da água ou nível piezométrico subirá acima do limite superior (teto) do aquífero até estabilizar num determinado nível. Este fenómeno é conhecido por artesianismo. Diz-se artesianismo positivo quando o nível piezométrico atinge e ultrapassa a superfície do terreno na forma de repuxo (furo repuxante); diz-se artesianismo negativo quando o nível piezométrico não atinge a superfície do terreno;

- (c) *Aquífero Semi-confinado (Aquífero semi-cativo)*: aquífero limitado superior e/ou inferiormente por formações de espessura relativamente reduzida e muito pouco permeáveis, através das quais a circulação vertical de água, embora muito lenta, permite a sua alimentação.

Além das formações geológicas que constituem aquíferos, existem outras que não se comportam como tal, designando-se aquíclusos, aquífugos e aquífardos, termos que têm os seguintes significados:

- (d) *Aquícluso*: formação geológica que, embora porosa e capaz de armazenar água, não a transmite (água não circula). É exemplo, uma formação constituída essencialmente por argilas;
- (e) *Aquífugo*: formação geológica impermeável, incapaz de armazenar e de transmitir água, como é o caso de um maciço granítico não alterado e sem fracturação;
- (f) *Aquífardo*: formação geológica capaz de armazenar água, mas que a transmite muito lentamente, não sendo possível o seu aproveitamento direto. Em certas condições, estas formações podem tornar-se muito importantes, por permitirem a recarga vertical de aquíferos sub ou sobrejacentes. É, por exemplo, o caso de argilas arenosas (ex.: Grés de Oiã).

No caso da Região em estudo, podemos encontrar exemplos de aquífero Cársico (Calcários Apinhoados da Costa de Arnes) e essencialmente de aquíferos porosos (Grés Grosseiros Superiores e Inferiores). De acordo com a classificação anterior o aquífero do Cretácico é classificado como confinado e em algumas zonas os furos eram repuxantes.

## 4.2. Enquadramento legal para construção de um furo de captação

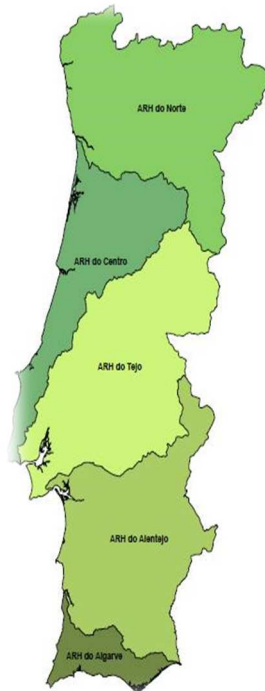
A construção de um novo furo de captação tem vários procedimentos a ter em conta. O primeiro e talvez um dos mais importantes, é a empresa que faz a construção ter experiência no ramo e apresentar todas as licenças necessárias desde o alvará de construção como também o alvará de exercício emitido pela ARH. A empresa tem o dever de conhecer o comportamento das águas subterrâneas, preocupando-se com a sua gestão sustentável e transmitir o mesmo ao dono de obra.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, “*As atividades que tenham um impacto significativo no estado das águas só podem ser desenvolvidas desde que ao abrigo de um título de utilização emitido nos termos e condições previstos na Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro) e no Regime de Utilizações dos Recursos Hídricos.*”

Atualmente incumbe à APA- Agência Portuguesa do Ambiente (que substituiu em 2012 a entidade ARH - ARH Norte, ARH Centro, ARH Tejo, ARH Alentejo, ARH Alentejo) acompanhar o cumprimento do estabelecido no Decreto-Lei 226-A/2007 para captação de água. De entre os requisitos impostos consta o pedido de licença de pesquisa de captação de água, pelo que só após esta autorização a empresa pode iniciar os trabalhos de construção do furo.

Esta autorização tem em conta informação relevante designadamente a profundidade, diâmetros de perfuração e revestimento...) que no caso de necessidade de ultrapassar os valores fixados a APA deverá ser informada de forma a obter a respectiva autorização.





**Figura 4.2** - Divisão de Portugal Continental, consoante a área de atuação de cada entidade Ex-ARH, que foi substituída pela APA [Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente – Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território].

Para além do dono de obra e dos sondadores é importante que esta obra seja acompanhada por um Engenheiro Geólogo ou Geólogo, com conhecimento de Hidrogeologia, dando cumprimento ao disposto no Artigo 7º do Decreto-Lei nº 133/2005, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 84/2011, de 20 de junho, que procede à simplificação dos regimes jurídicos da deposição de resíduos em aterro e do licenciamento do exercício das atividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas.

### 4.3. Execução de furos de pesquisa e captação

#### 4.3.1. Estudo hidrogeológico prévio

Um furo de captação de águas subterrâneas é uma obra complexa que se desenrola no subsolo quase sempre fora da vista dos intervenientes na sua construção, o que torna difícil avaliar o que acontece no decorrer dos trabalhos. O *Dono da Obra* fica geralmente dependente das informações do Empreiteiro de sondagens, do Operador de sondagem, ou de outro Técnico da empresa, pelo que terá todo o interesse em compreender as informações que lhe vão sendo prestadas, de modo a gerir o seu investimento e as suas expectativas relativamente ao rendimento futuro da captação que está a financiar.

Importa portanto, desde já, considerar que um furo de captação de água subterrânea corretamente projetado/dimensionado deverá assegurar:

- (a) A extração do caudal pretendido causando as menores modificações possíveis ao aquífero (*e.g.* rebaixamentos exagerados e contaminações induzidas);
- (b) Água com qualidade adequada ao fim a que se destina;
- (c) A proteção do aquífero de fontes locais de contaminação;
- (d) Um custo total de construção e de exploração razoável a curto e médio prazo;
- (e) Um período de vida útil médio de 25 anos.

Como recomendação muito importante, antes da celebração do contrato com o Empreiteiro, o *Dono da Obra* deve procurar aconselhar-se com um técnico da área da hidrogeologia, o qual, baseando-se num

estudo prévio do local, poderá, nomeadamente, fornecer uma estimativa preliminar sobre a profundidade que o furo deve atingir e o caudal que se pode esperar em função da geologia local. Este estudo hidrogeológico preliminar permitirá ao *Dono da Obra* fazer uma avaliação da relação custo/benefício do seu futuro empreendimento. Caso esse apoio técnico inicial tenha sido dispensado pelo *Dono da Obra*, referem-se, em seguida, alguns dos principais aspetos que deverão ser considerados na construção do furo de captação.

#### 4.3.2. Métodos de perfuração

Existem vários métodos de perfuração para a construção de furos de captação de águas subterrâneas. A seleção do melhor método depende da finalidade, da profundidade que se pretende atingir, de fatores económicos, mas principalmente das formações geológicas a perfurar. Os principais métodos de perfuração são os seguintes: (a) Percussão (atualmente em desuso); (b) Rotação com circulação direta e rotação com circulação inversa; (c) Rotopercussão (Percussão pneumática com “martelo de fundo de furo”).

##### 4.3.2.1. Perfuração por percussão mecânica.

A perfuração por percussão baseia-se na trituração/esmagamento do material geológico por impacto de um trépano suspenso por um cabo, sendo o seu movimento de descida e subida controlado por um balancim. O material desagregado vai sendo retirado progressivamente através de uma limpadeira. As vantagens do método são:

- Eficácia em formações geológicas com algum grau de consolidação;
- Permite amostrar o material geológico de modo bastante representativo;
- Permite a execução de ensaios de produtividade durante a perfuração;
- Baixo consumo de água e de combustível;
- Dimensões do estaleiro reduzidas;
- Desvios muito pequenos na direção do furo;
- As sondas de percussão são baratas.
- 

Como desvantagens do método podemos referir:

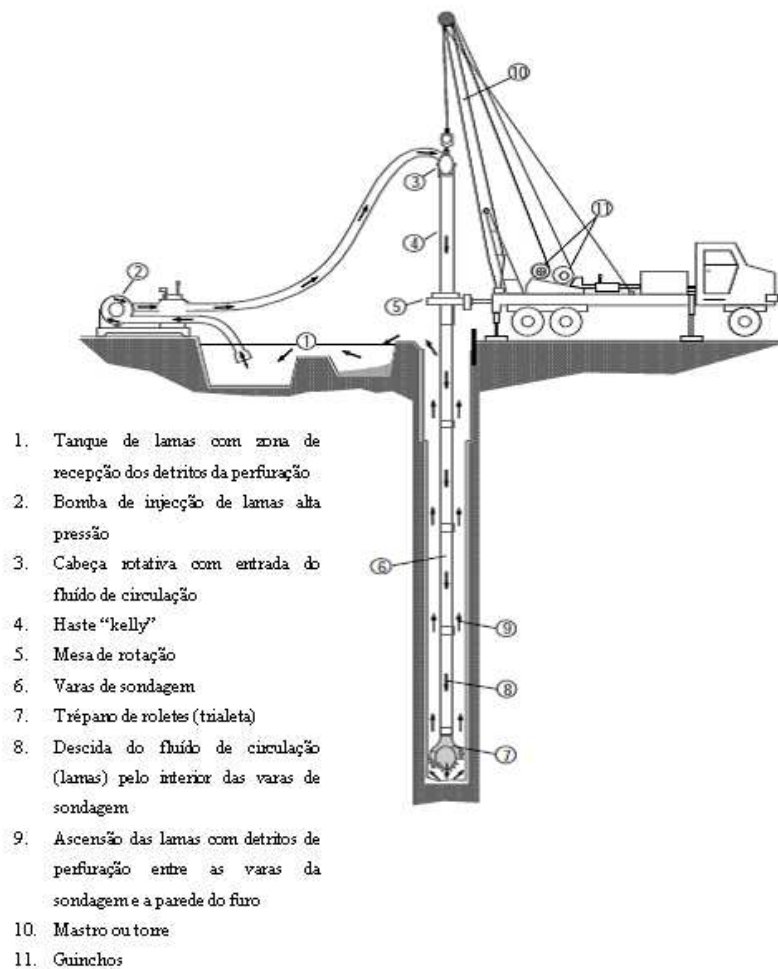
- Requer revestimentos provisórios no caso de formações geológicas não consolidadas;
- Baixa velocidade de avanço da perfuração;
- Apresenta custos adicionais resultantes do tempo despendido em manobras de descida e subida;
- O diâmetro de perfuração vai sofrendo reduções com a profundidade;
- O furo terá de ser vertical.

##### 4.3.2.2. Perfuração por rotação

Este método, também designado “rotary” (terminologia inglesa), consiste em triturar e desgastar as formações litológicas, reduzindo-as a pequenas partículas através da utilização de um trépano giratório. Os movimentos rotativos do trépano são acompanhados pela circulação de um fluido, usualmente “lamas” constituídas por misturas mais ou menos estáveis, densas e viscosas à base de bentonite e de outras substâncias com água, cuja função é remover e trazer os detritos da perfuração até à superfície, evitar o desmoronamento das paredes da perfuração, lubrificar e arrefecer as ferramentas cortantes. A perfuração por rotação pode ser realizada com circulação direta ou com circulação inversa.

##### **Perfuração por rotação com circulação direta**

No caso da circulação direta, por ação de uma bomba de alta pressão as “lamas” são injetadas pelo interior da cabeça da sonda (Figura 4.3), saindo no fundo do furo por orifícios do trépano [trépano de roletes (tricone) ou trialeta ou bicão - Figura 4.4].



**Figura 4.3** - Perfuração pelo método de rotação com circulação direta. [Fonte: Ferreira et al., 2012].



**Figura 4.4** - Ferramentas utilizadas na perfuração por rotação com circulação direta: (a) Tricone; (b) Trialeta e (c) Bomba de lamas.

De seguida, as “lamas” ascendem pelo espaço compreendido entre a parede exterior das varas de perfuração e as paredes da sondagem, arrastando consigo os detritos da formação perfurada até à superfície. Estas lamas entram numa fossa onde os detritos decantam, seguindo a lama para outra fossa de onde é injetada pela bomba. Esta circulação é contínua.

As vantagens do método são as seguintes:

- Eficácia em formações geológicas não consolidadas, acompanhada de um pequeno risco de colapso do furo, evitando-se muitas vezes a utilização de revestimentos provisórios;

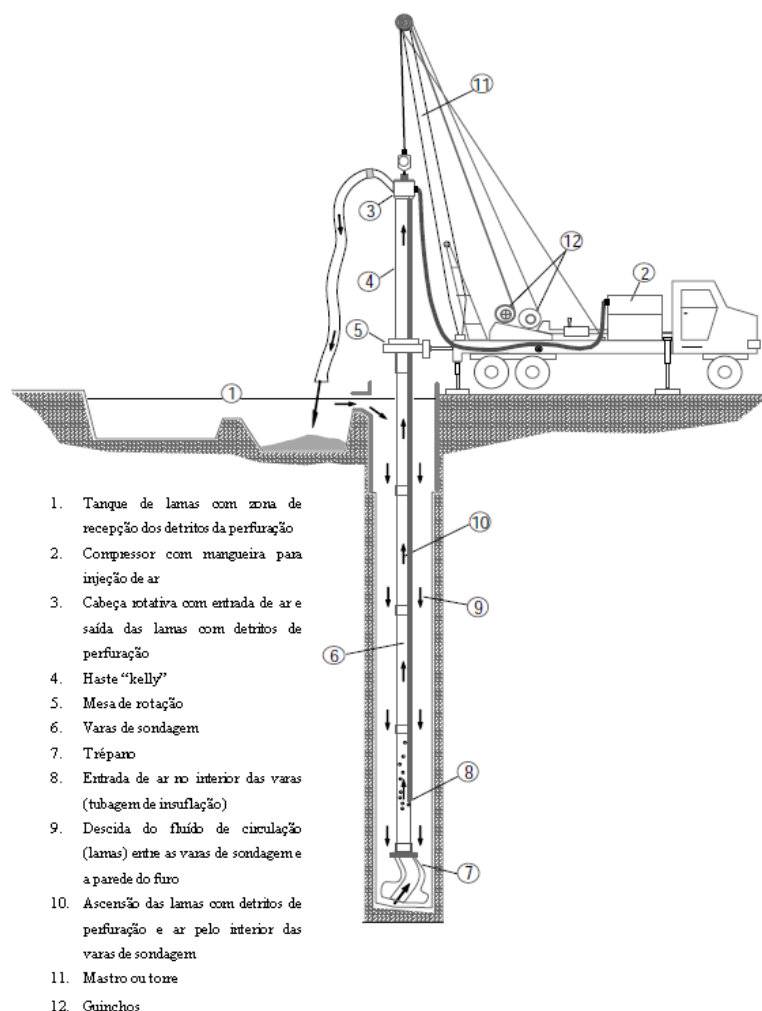
- Permite avanços relativamente rápidos;
- Perdas de fluido de circulação controláveis;
- Maior facilidade de controlo das propriedades das lamas bentoníticas (e.g. viscosidade e peso específico).

As desvantagens do método são:

- Equipamento dispendioso;
- Apresenta custos adicionais resultantes do tempo despendido em manobras de descida e subida;
- Caracterização da amostragem de formações geológicas dificultada pela mistura e pelo atraso em relação ao avanço da perfuração o que pode conduzir a medições deficientes das profundidades de posicionamento dos tubos-ralo;
- Pode induzir a impermeabilização e a contaminação das formações produtivas;
- Alguma dificuldade em manter a direção de perfuração, exigindo uma boa técnica de execução.

#### **Perfuração por rotação com circulação inversa**

Na circulação inversa (Figura 4.5), as “lamas” descem diretamente por gravidade do respetivo tanque até ao fundo do furo através do espaço compreendido entre a parede exterior das varas de perfuração e as paredes da sondagem.



**Figura 4. 5** - Perfuração pelo método de rotação com circulação inversa. [Fonte: Ferreira et al., 2012].



**Figura 4. 6** - Perfuração pelo método de rotação, com barroca de lamas, para a circulação inversa.

Posteriormente, a ascensão das “lamas” e dos detritos efetua-se pelo interior das varas que constituem a coluna de perfuração, com ajuda de ar comprimido, formando-se uma emulsão ar-lamas de menor densidade. Durante a perfuração, esta ascensão da mistura de lamas, ar e detritos das formações perfuradas é mantida em equilíbrio com o volume de lamas do tanque. Este método apresenta, relativamente à rotação direta, as seguintes vantagens e desvantagens principais:

As vantagens do método são as seguintes:

- Permite a execução de furos de maior diâmetro e geralmente mais produtivos;
- Elevada capacidade de remoção dos detritos de perfuração, o que permite avanços mais rápidos;
- Boa qualidade da amostragem (boa representatividade da amostra relativamente à profundidade de perfuração e a tempo real);
- Não afeta tanto o aquífero;
- Para grandes diâmetros é muito mais eficaz.

Como desvantagens do método podemos referir as seguintes:

- Equipamento de maiores dimensões;
- Necessidade de maior número de operadores;
- Necessidade de um tanque de lamas maior e consumo de água mais exigente face ao elevado débito de injeção;
- Maior área de estaleiro;
- Perdas elevadas de fluido de circulação, em certas formações, o que pode perturbar ou deteriorar as zonas produtivas;
- Risco de entupimento das varas por detritos de grande diâmetro.

#### ***Perfuração por rotopercussão***

O método baseia-se numa ação principal de esmagamento e corte provocada por uma ferramenta acionada por ar comprimido, em que se pode combinar um pequeno movimento de rotação de um “bit” (broca) transmitido pelas hastes de perfuração e um movimento de percussão de elevada frequência e de pequeno curso, dado por um martelo de fundo de furo. Neste caso, o fluido de circulação pode ser o próprio ar comprimido, produzido a partir de um compressor, que é transmitido pelo interior da coluna de perfuração, passando pelo martelo e “bit”, servindo também como fluido de limpeza. Como complemento à utilização de ar comprimido e visando resolver problemas de limpeza e/ou de

instabilidade das paredes de perfuração, podem ser adicionadas “espumas” no fluido de circulação, para diminuição do seu peso específico.

Como vantagens do método pode-se referir:

- Elevada eficácia em rochas duras e consolidadas (rapidez de perfuração/remoção dos detritos);
- Permite estimar a produtividade das formações aquíferas durante a perfuração;
- Não provoca a impermeabilização das zonas produtivas;
- Redução de custos pela elevada rapidez de perfuração;
- Em regra, não necessita de água;
- Amostragem com pouco atraso relativamente ao avanço da perfuração.

Como desvantagens do método mencionam-se:

- Só é eficaz em formações consolidadas;
- Trata-se de um método destrutivo relativamente à amostragem (amostragem deficiente);
- Conseguem-se, geralmente, furos com diâmetros mais reduzidos do que nos outros métodos;
- Dificuldade em manter a direção da perfuração.

#### **4.3.3. Diâmetros de perfuração**

Caso se opte pela execução prévia de uma sondagem de pesquisa, então o diâmetro definitivo da captação pode ser, posteriormente, determinado com rigor. Se tal não tiver acontecido, o diâmetro inicial da perfuração terá de prever o diâmetro do equipamento de bombagem, a colocação da coluna de revestimento definitivo do furo e, se necessário, do maciço filtrante nas condições que mais adiante se referem.

Em rochas cristalinas os diâmetros de perfuração são, em regra, bastante inferiores aos diâmetros das perfurações em sedimentos não consolidados.

#### **4.3.4. Verticalidade e linearidade da perfuração**

Embora as captações de água mais comuns sejam verticais, podem realizar-se perfurações com todas as inclinações até à horizontalidade.

A perfuração e a coluna de revestimento definitivo da captação devem ser executadas de forma a assegurar tanto quanto possível a sua linearidade, evitando-se variações acentuadas de direção. Estas variações de direção podem ocorrer quando se aplica peso incorreto sobre a ferramenta de corte, ou quando se perfuram formações geológicas intensamente calcificadas, fissuradas ou com camadas muito inclinadas. Se as variações de direção forem grandes, surgirão dificuldades na colocação da coluna de revestimento abaixo da profundidade definida pelo ponto de inflexão. Caso tais variações não sejam excessivas, podem ser parcialmente corrigidas com a aplicação de centralizadores na tubagem da coluna de revestimento ou por métodos especiais de perfuração utilizando varas com retificadores.

Depois de aplicada a tubagem de revestimento do furo, a prova de linearidade pode ser efetuada com recurso a equipamento de geofísica ou, de forma mais expedita, descendo um cilindro de prova, constituído por um troço de tubo de 6 m de comprimento e diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro interior daquela tubagem.

#### **4.3.5. Furo de pesquisa**

Após a realização (ou não) do estudo hidrogeológico prévio referido anteriormente, segue-se a fase de pesquisa que serve para confirmar ou completar as informações contidas nesse estudo. Qualquer furo para captação de águas subterrâneas é precedido da fase de pesquisa e tem que obedecer a algumas

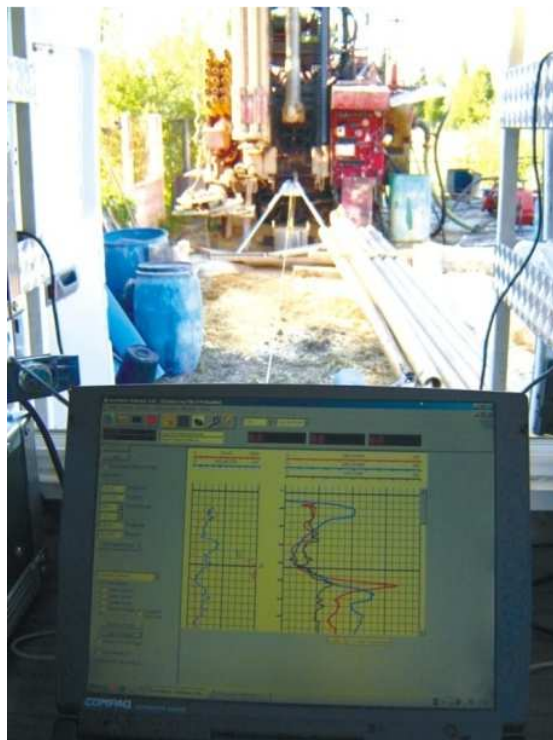


exigências construtivas a que a legislação obriga (Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de Maio), nomeadamente a de que as águas subterrâneas não sejam contaminadas por águas superficiais ou por quaisquer elementos que existam na zona onde o furo está a ser aberto (fertilizantes, produtos fitofarmacêuticos, descargas de efluentes de origem humana ou animal, descargas industriais, lubrificantes, combustíveis, etc.).

Do incumprimento desta obrigação legal, além do mal maior que constitui a degradação da qualidade de um recurso hídrico, pode resultar, por parte das entidades competentes para o efeito, no levantamento de processos de contra-ordenação bastante gravosos ou mesmo na inutilização compulsiva da captação com selagem.

Se a captação de água se destina ao consumo humano deve ser garantido que o material utilizado na perfuração não provoca alterações na qualidade microbiológica ou química da água. Assim, deve o Dono da Obra solicitar ao Empreiteiro a utilização de materiais aprovados para estar em contacto com a água, exigindo ao mesmo um documento comprovativo de que todos os materiais/produtos utilizados na fase de execução do furo, nomeadamente a tubagem, o equipamento de bombagem e o material de isolamento são adequados a essa finalidade (em conformidade com o preceituado no Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio, e na Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro).

O furo de pesquisa pode ser executado com um diâmetro de perfuração reduzido, o que tem a vantagem de, sendo mais económico, permitir ao Dono da Obra conhecer as reais potencialidades da captação futura. Se o método de perfuração utilizado for o de rotopercussão, é possível durante as operações ter-se uma ideia muito aproximada dos caudais das diversas zonas ou níveis produtivos que vão sendo atravessados. Se o método de perfuração utilizado for o de circulação com lamas, essa percepção correta só é possível com a execução de diagrfias (Figura 4.7) ou com testes de caudal posteriores.



**Figura 4. 7-** Software de leitura de diagrfias.

No entanto um técnico com experiência no exame e classificação de amostras, tendo em conta informações do sondador, pode dar uma ideia preliminar da produtividade do furo e prestar outras informações úteis, e.g. posição e potência da bomba de extração, posição dos ralos de entrada de água, zonas a preencher com areão ou seixo drenante (maciço filtrante) e zonas a isolar ou a colmatar, sendo estes assuntos abordados mais adiante. Caso esta pesquisa não forneça resultados compatíveis com as suas intenções, então os trabalhos terminam com a selagem da sondagem, havendo menores perdas financeiras.

Se a pesquisa evidenciar que a futura captação atinge os objetivos desejados, quer em quantidade, quer em qualidade da água, o diâmetro da perfuração deverá ser alargado convenientemente, desta vez com a certeza de que o investimento será mais seguro, pois os riscos de insucesso foram em grande parte eliminados.

A realização do furo de pesquisa constitui uma opção por parte do Dono da Obra que deverá avaliar o binómio custo/risco. O conselho de um Hidrogeólogo permitirá enveredar pelas decisões ajustadas e mais económicas tendo em vista um risco razoável para atingir os fins desejados.

#### 4.3.5.1. Amostragem

Quando da execução da sondagem (de pesquisa ou com o diâmetro final) serão recolhidas amostras em intervalos regulares, geralmente de 3 em 3 metros, ou sempre que o terreno atravessado varie significativamente nas suas características. Estas amostras deverão ser colocadas em lugar protegido da passagem de viaturas ou pessoas (ou animais) e da chuva, separadas por um pequeno espaço para evitar que se misturem. A cada amostra deve corresponder uma etiqueta numerada, com as profundidades inicial e final a que foi obtida (Figura 4.8).



**Figura 4.8** - Disposição no terreno das amostras das formações geológicas atravessadas e respetivas etiquetas (Furo para a AdrA em Murtosa, 2012).

A este propósito, é de referir que variações significativas no tempo de avanço das varas de perfuração indicam muitas vezes mudanças de litologia e/ou presença de cavidades que ocorrem em profundidade.

Esta coleção de amostras, recolhida na fase da pesquisa, serve principalmente para que o Técnico responsável pela obra (Decreto-Lei nº 133/2005, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de junho) possa, se não dispuser de outros dados (e.g. diagrfias), definir a posição e características dos ralos a intercalar na coluna de revestimento definitivo, o tipo de seixo a ser colocado entre a coluna e o terreno, assim como definir a(s) zona(s) a isolar se necessário para evitar contaminações indesejadas (Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio).

Para maior segurança uma coleção dessas amostras deve ser preservada numa ou mais caixas de plástico com divisões e respetiva catalogação acima referida. Esta coleção deve ser entregue ao Dono da



Obra, podendo ser de muita utilidade em casos de degradação da captação de que resulte necessidade de qualquer peritagem sobre as situações anómalas que eventualmente se venham a detetar.

#### 4.3.5.2. Medição de níveis de água no furo

Durante os trabalhos de perfuração, se o método selecionado for rotopercussão, devem ser medidos os níveis de água no furo sempre que haja essa possibilidade (por exemplo no início de cada dia de trabalho ou quando qualquer eventual paralisação dos trabalhos o permita). Também quando é utilizado este processo de perfuração, deve ser avaliado com regularidade o caudal “espontâneo” fornecido pelo furo. Para que tais avaliações sejam possíveis logo que se intersetem níveis produtivos, o Empreiteiro deve tomar medidas nesse sentido quando a perfuração se inicie.

Se o método de perfuração utilizado for o de rotação com circulação direta ou inversa de “lamas”, essas medições são quase sempre impossíveis. No entanto, o operador da máquina deve anotar as profundidades a que se verificam perdas de lamas durante a perfuração, bem como a profundidade do nível de lamas no interior do furo no início de cada dia de trabalho. Esta tarefa é importante, pois, por vezes, há uma indicação de produção de água pela diluição das lamas cuja densidade e viscosidade deve ser verificada no dia de reinício da perfuração. Durante a perfuração devem também ser apontadas regularmente as variações significativas da densidade e de viscosidade das lamas, e registados os tempos de avanço de cada metro de perfuração. Este registo é de grande utilidade para a definição da coluna definitiva.

#### 4.3.5.3. Controlo da qualidade da água

Quando se pretende construir uma captação é importante, numa fase preliminar, estimar o volume de água que pode ser extraído, conhecer a qualidade da água que dela provém e aferir se esta se adequa ao fim pretendido. Por norma esta fase é difícil, quando não se tem furos existentes na proximidade.

A exploração da água de um furo poderá destinar-se ao consumo humano, pelo que a avaliação da sua qualidade deve ter em conta os valores limites constantes do Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, que estabelece o regime de qualidade da água para esse fim. Se a água se destinar a outra utilização dever-se-á considerar o preceituado no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, que estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com vista à proteção do meio aquático e a melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Existem casos particulares de águas exploradas para consumo público e qualificadas como minerais e de nascente, cuja prospeção, pesquisa, exploração e controlo de qualidade são regulados por diplomas próprios, constituindo casos tão específicos que a sua descrição não se enquadra no âmbito desta dissertação. No caso das sondagens por percussão ou por rotopercussão, sempre que é atravessada uma formação aquífera, deve proceder-se ao controlo da qualidade da sua água através da medição *in situ* de parâmetros físico-químicos, tais como:

- (a) Condutividade elétrica e/ou sólidos totais dissolvidos;
- (b) pH (Figura 4.9);
- (c) Temperatura (Figura 4.9);
- (d) Nitratos e fosfatos (indicadores de contaminação antropogénica).



**Figura 4.9** - Medidor de pH e Temperatura.

No caso de furos feitos com método de rotação direto de lamas, por vezes é possível, à medida que se perfura, detetar se a água é salgada.

#### **4.3.6. Transformação do furo de pesquisa em captação**

Terminados os trabalhos de pesquisa, se os resultados então obtidos forem satisfatórios, inicia-se a fase de transformação do furo de pesquisa em captação definitiva. Esta transformação começa com o eventual alargamento do furo de pesquisa, devendo o diâmetro final da perfuração permitir a colocação da coluna de revestimento definitivo, do maciço filtrante (se necessário) e do equipamento de bombagem. Nem sempre se começa com diâmetros menores para depois haver um alargamento, em zonas que se conhece bem o sistema hidrogeológico perfura-se o diâmetro já pretendido para o furo.

##### **4.3.6.1. Revestimento definitivo do furo**

O revestimento do furo tem como objetivo: (a) prevenir o colapso das paredes da perfuração; (b) proteger o equipamento de bombagem; (c) isolar certos níveis dos que se pretendem explorar, cujo aproveitamento não interessa ou seja inconveniente; (d) em muitos casos serve como filtragem (tubo Georoscado Estriado - Figura 4.10).



**Figura 4. 10** - Tubo Georoscado® estriado, topos com areão incorporado, marca Tubofuro.

Nas formações geológicas compactas (rocha com coesão) desde que haja estabilidade das paredes da perfuração não é necessário revestir a captação (entubar), ficando o furo sem revestimento ou em “openhole”. Nestes casos recomenda-se, para salvaguarda do equipamento de bombagem, que se proceda apenas ao entubamento da câmara de bombagem.

Nas restantes situações, em que há instabilidade das formações geológicas, é necessário revestir a captação com uma coluna de revestimento que é constituída por troços de tubo fechado (também chamado tubo cego) e troços de tubo-ralo (tubo com aberturas que permitem a passagem de água do aquífero para o interior da captação).

Em Portugal e noutros países onde esta indústria já está desenvolvida, por norma, opta-se sempre pelo revestimento total da captação mesmo esta sendo realizada em terrenos rochosos. No entanto alguns países, como o Brasil, optam por entubar a zona sedimentar (primeiros 50-100 metros) e a zona de rocha fica sem revestimento.

A definição da coluna de revestimento deve basear-se na série litológica atravessada pela perfuração (análise das amostras). Por vezes, dispõe-se também de informação obtida a partir de ensaios granulométricos e da execução de diagrfias com medição, entre outros parâmetros, do potencial espontâneo, resistividade elétrica e radiação gama. Esses ensaios granulométricos e diagrfias são particularmente aconselháveis nas sondagens por rotação.

Para cada captação deverá ser selecionado o tipo de material a empregar no revestimento da mesma, assim como os diâmetros da tubagem adequados. Esta seleção depende de vários fatores, nomeadamente das características físico-químicas da água a explorar, da profundidade e diâmetro da captação, do tipo de formação aquífera e do custo desse revestimento. O material do revestimento deverá apresentar propriedades (composição e resistência mecânica) que lhe permitam suportar, sem deformação significativa ou rotura, a pressão exercida pelas formações geológicas circundantes, as pressões resultantes, quer da sua colocação no furo, quer das operações de limpeza e desenvolvimento da captação, assim como resistir à corrosão resultante das características físico-químicas da água e das próprias formações geológicas.

Para o revestimento do furo de captação de água subterrânea existem diferentes tipos de materiais, destacando-se, entre os mais utilizados, o PVC (normal ou especial), o ferro fundido, o aço Norma DIN 2458 (e.g. aço ST 70) e o aço inoxidável (e.g. aço inox AISI 304 e 316). Estes materiais encontram-se disponíveis no mercado, a preços muito distintos, em troços de tubagem com diferentes comprimentos, diâmetros e espessura de parede (resistência mecânica), pelo que na definição e seleção da coluna de revestimento deve ser encontrada uma solução de compromisso/equilíbrio entre o seu custo e a sua qualidade/ durabilidade.

O diâmetro da tubagem de revestimento pode ser igual para toda a coluna ou pode apresentar uma ou mais reduções sucessivas. Neste último caso, o revestimento é do tipo telescópico, sendo a ligação entre os troços de tubagem de diferentes diâmetros feita através de cones de redução.

Os diâmetros da tubagem de revestimento estão, obviamente, relacionados com os diâmetros de perfuração, dependendo ambos do caudal de exploração previsto. Em regra, aplica-se a seguinte equação com o resultado expresso em polegadas ("): Diâmetro da tubagem = Diâmetro de perfuração – 6"

A seleção do diâmetro da tubagem de revestimento deverá ter em consideração as dimensões do equipamento de bombagem, permitindo que este seja instalado com facilidade (colocado no interior da

captação), removido com facilidade (em caso de avaria ou necessidade de manutenção da bomba) e que opere com eficiência. Na prática evita-se assim não só o choque da bomba com esse revestimento nos momentos de arranque, mas também o contacto daquele equipamento com o revestimento.

O diâmetro do tubo de revestimento na zona da câmara de bombagem tem de ser suficiente para acomodar o conjunto da bomba e respetivos acessórios, sendo de referir que, em regra, o diâmetro da bomba deve ser pelo menos 2" (cerca de 5.1 cm) inferior ao diâmetro interno da tubagem de revestimento. No entanto por norma existem furos a ser entubados a 125 mm e a 140 mm, para colocação de bombas de 4" (110 mm).

Caso se use tubagem em PVC, esta não deverá ter uma resistência inferior a 10 kg/cm<sup>2</sup>. A resistência que se deve ter em conta é sempre externa, pois num furo as pressões exercidas pelo terreno são as que podem por em causa a segurança do mesmo e não as pressões interiores. Se a profundidade do furo atingir mais de 150 a 200 m deve ser ponderado o revestimento do furo com PVC reforçado ou com tubagem em aço cuja espessura aumenta com o aumento do seu diâmetro. Por exemplo, se a tubagem em aço aplicada tiver diâmetros exteriores de 203 mm ou de 273 mm, as espessuras mínimas deverão ser de 6.35 mm e de 7.79 mm, respetivamente.

As uniões entre os diferentes troços de tubagem podem ser roscadas, rebitadas, ou soldadas. No caso da tubagem em PVC, considera-se preferível que as ligações sejam do tipo roscado, em vez dos rebites utilizados habitualmente. Contudo, caso se opte por uniões rebitadas deve usar-se sempre rebites inox. No caso dos tubos roscados, é importante que se aumente a espessura no sítio da rosca, de forma a não perder resistência. Relativamente à tubagem em aço, caso se decida por uniões soldadas em vez de roscadas, a liga de soldadura deve ser igual à liga metálica da tubagem.

#### 3.3.6.2. Tubos-Ralo

Na coluna de revestimento, os tubos-ralo são as zonas de entrada de água para a captação, ocorrendo essa passagem através de aberturas ("slots"), rasgos, ranhuras ou fendas existentes na parede do tubo e que correspondem à designada "área aberta".

Deve ser dada uma atenção particular aos tubos-ralo, pois o rendimento da captação depende de uma correta seleção do seu tipo, dimensão e posicionamento. Além das características que são comuns aos tubos cegos ou não abertos (composição, diâmetro e espessura da tubagem), há ainda outras a ter em conta tais como a área aberta total, o tamanho e a geometria das ranhuras, etc.

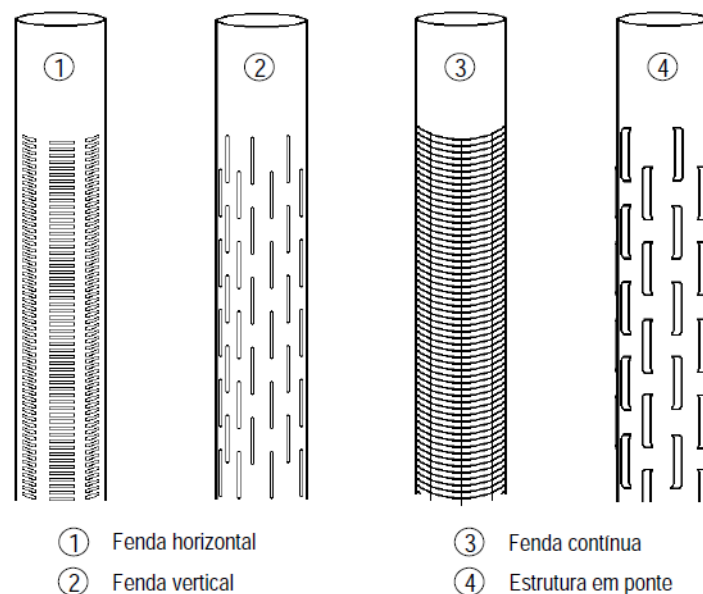
Os tubos-ralo mais utilizados, de acordo com o tipo de rasgo, são:

- Do tipo ranhurado (de fenda vertical, oblíqua ou horizontal, sendo esta última a mais comum);
- De estrutura em ponte;
- De fenda contínua;
- De areão aglomerado (pré-filtro) - Georoscado engravilhado (Figura 4.11).



Figura 4.11 - Tubo Georoscado engravilhado.

Os rasgos dos tubos-ralo devem ser feitos na fábrica de origem e nunca na obra, de forma a garantir uma constância nas suas características (abertura e comprimento), e também para que tenham uma resistência à pressão semelhante à dos tubos cegos (fechados) utilizados no revestimento do furo. Por outro lado, os rasgos feitos em fábrica, sendo muito mais regulares na sua dimensão, evitam, com maior eficácia, a passagem de areias e de pequenas partículas rochosas que poderão prejudicar a bomba ou entupir esses mesmos rasgos (Figura 4.12).



**Figura 4.12** - Alguns tipos de rasgos dos tubos-ralo [Fonte: Ferreira et al., 2012]].

Finalmente, a espessura efetuada em fábrica permite que o tamanho das ranhuras (slot) seja o adequado face às granulometrias das formações aquíferas a explorar.

A área aberta dos tubos-ralo deverá permitir a entrada de água ao redor de todo o perímetro dos mesmos.

A área aberta dos tubos-ralo e o seu comprimento deverão ser selecionados de forma a assegurar a obtenção do máximo caudal de entrada de água na captação em regime laminar, com retenção das partículas finas. Os tubos-ralo devem ser colocados em frente das camadas aquíferas mais produtivas (de maior condutividade hidráulica) e cuja água tenha a qualidade pretendida para o fim a que se destina e sempre abaixo do nível hidrodinâmico previsto.

A definição das profundidades de colocação dos tubos-ralo está, portanto, condicionada às profundidades a que se intersejam as zonas produtivas dos aquíferos, que podem ser identificadas através da interpretação dos dados da perfuração (registados pelo sondador), da análise das amostras da perfuração, da realização de diagrfias, de perfis de temperatura e de certos parâmetros físico-químicos, e, no caso de formações sedimentares não consolidadas, através de ensaios granulométricos.

Uma vez que os tubos-ralos devem estar sempre submersos, o seu comprimento e posicionamento dependem também:

- Do nível hidrodinâmico ou do rebaixamento que se pode causar ao nível hidrostático;
- Da espessura produtiva e da estratificação do aquífero.

Caso o topo dos ralos se posicione acima do nível hidrodinâmico, além da perda de eficiência da captação, o contacto alternado do material que os constitui, ora com água ora com ar, provoca a curto prazo a sua deterioração, nomeadamente nas tubagens metálicas.

Em camadas aquíferas de grande espessura devem intercalar-se tubos fechados com os tubos-ralo para não diminuir a resistência do revestimento e para diminuir o custo da obra.

A melhor relação entre o custo (do tubo-ralo) e o benefício (caudal captado) é obtida:

- Nos aquíferos livres, colocando os tubos-ralo a ocupar cerca de metade a um terço da espessura do aquífero (Ferreira et al., 2012);
- Nos aquíferos confinados, colocando os tubos-ralo a cobrir cerca de 80% a dois terços da espessura do aquífero (Ferreira et al., 2012).

#### 4.3.6.3. Centralizadres

Os centralizadores (Figura 4.13) têm como função centrar a coluna de revestimento na sondagem, sendo aconselhada a sua colocação em intervalos regulares e com espaçamento adequado, de forma a conservar esta coluna com um afastamento constante da parede do furo, evitando o seu encosto à formação geológica. Assim, facilita-se a colocação posterior do seixo calibrado que constitui o maciço filtrante, assim como eventuais operações posteriores de manutenção do furo.



Figura 4.13 - Centralizador colocado num tubo em PVC Georoscado Estriado.

Usualmente, um espaçamento de 12 metros entre centralizadores é considerado como uma medida correta. Recomenda-se, no entanto, a utilização de pelo menos um centralizador em cada tubo-ralo.

#### 4.3.6.4. Maciço filtrante

Entre a tubagem de revestimento e as paredes da sondagem deve ser instalado um maciço filtrante constituído por seixo silicioso (nunca brita calcária, uma vez que é muito mais facilmente dissolvida), devidamente lavado, calibrado e com esfericidade e arredondamento elevados. O maciço filtrante tem as seguintes funções:

- Evitar a passagem para dentro do furo de areias finas e de argilas que podem comprometer a qualidade da água e provocar avarias na bomba, por vezes irremediáveis, durante a fase de exploração da captação;
- Amortecer as vibrações da bomba nos momentos de arranque ou de paragem;
- Envolver a coluna de revestimento, protegendo-a e conferindo-lhe sustentabilidade;
- Proporcionar um bom suporte ao material isolante que reveste o furo em determinadas profundidades e serve de proteção contra contaminações superficiais ou de outros níveis aquíferos cuja exploração não é conveniente.

O seixo que constitui o maciço filtrante deve ser colocado uniformemente no espaço anelar existente entre a coluna de revestimento definitivo e as paredes da perfuração e ao longo da zona de captação (onde se encontram os tubos-ralos). Em cada troço de tubo-ralo, o maciço filtrante deve exceder ligeiramente o seu comprimento, na base e no topo.



A colocação deste maciço filtrante deve ser feita lentamente e de forma constante para que o mesmo fique perfeitamente acamado e contínuo. Quando colocado com muita rapidez, pode acontecer que essa continuidade seja afetada por zonas vazias, sem seixo, colocando em perigo a resistência do revestimento sobretudo quando o mesmo é de PVC pouco resistente. Assim, a operação de descida do areão apenas deve ser interrompida para controlo do nível atingido por este.

O volume de areão a aplicar deverá ser sempre igual ou superior à diferença entre o volume cilíndrico correspondente à perfuração e o volume cilíndrico da coluna de revestimento no troço definido para o maciço filtrante. Em algumas situações é natural que o volume teórico assim calculado seja largamente ultrapassado pelo volume efetivo de areão necessário, o que significa, dadas as características das formações geológicas atravessadas, que o diâmetro nominal da perfuração desenvolveu lateralmente mais espaço ou que existem zonas ou níveis de perda (e.g. cavidades). Já quando o volume de areão colocado é inferior àquele volume teórico, significa que pode ter havido algum colapso das paredes de perfuração ou qualquer outro fenómeno, como a expansão de alguns dos materiais litológicos atravessados (e.g. argilas expansivas) (Ferreira et al., 2012).

A espessura do maciço filtrante depende da granulometria e da fissuração da formação aquífera, as quais condicionam a sua porosidade total e permeabilidade. A espessura eficaz do maciço filtrante é, regra geral de 3" (nunca inferior a 2,5"), devendo ficar assegurado que o mesmo circunda os tubos-ralo de forma contínua. Mas se for mais espesso, mais eficiente será, embora maciços filtrantes demasiado espessos dificultam o desenvolvimento da captação e exigem maiores diâmetros de perfuração, aumentando o custo da obra. Maciços filtrantes demasiado finos podem não rodear de forma contínua os tubos-ralo, originando problemas de arrasto de partículas finas durante a fase de exploração da captação.

Em resumo, o tamanho dos elementos do maciço filtrante e a sua gradação são selecionados de forma a conseguir a estabilização das formações aquíferas e a permitir que durante as operações de desenvolvimento da captação somente a fração fina (siltes e areias finas) seja arrastada para o interior da captação e depois removida, por exemplo, através da injeção de ar comprimido no fundo do furo. De referir a existência, no comércio especializado, de areão separado por classes granulométricas pré-definidas, adequadas às diferentes granulometrias dos aquíferos. As classes mais comuns designam-se por areão 1-3, areão 3-5, areão 5-7 por terem tamanhos entre 1 e 3 milímetros, 3 e 5, 5 e 7. Mas há casos em que esta granulometria pode ser diferente.

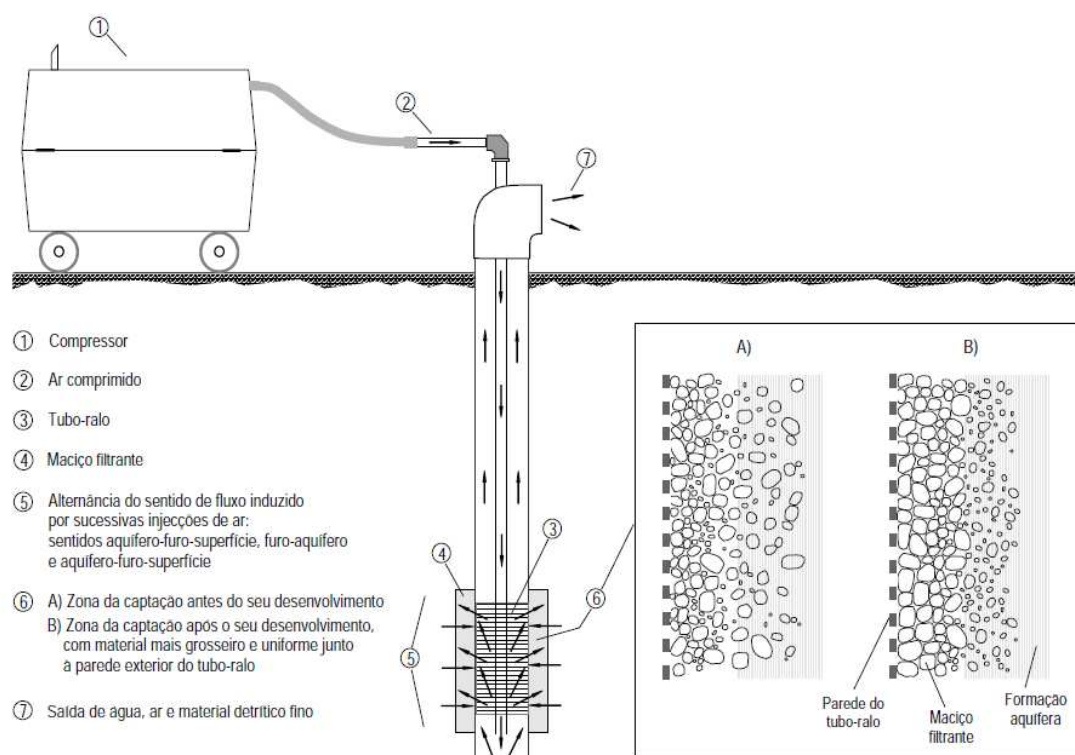
#### 4.3.6.5. Limpeza e desenvolvimento da captação

Uma vez terminada a instalação da coluna definitiva e do maciço filtrante do furo de pesquisa em captação, seguem-se as operações de limpeza e desenvolvimento do mesmo. De facto, qualquer método de perfuração altera as características hidráulicas das formações aquíferas na área adjacente à captação, tornando-se necessário proceder a estas operações. As operações de limpeza e desenvolvimento da captação têm como objetivos:

- Restabelecer, na envolvente da captação, as propriedades hidráulicas iniciais do aquífero que foram alteradas pela operação de perfuração; ou, eventualmente, melhorá-las;
- Aumentar a eficiência da captação reduzindo as perdas de carga resultantes da circulação da água até ao furo, quer por remoção de fluidos (lamas) e de detritos da perfuração, quer por eliminação de materiais finos da formação aquífera. Com esta eliminação de materiais finos evita-se o seu arrastamento para o interior da captação, sendo minimizados, durante a fase de exploração, os danos na bomba e nas condutas de elevação e distribuição de água. A fração fina em quantidade pode, também, colmatar o furo a partir do fundo ou entupir o maciço filtrante;

- Soltar das paredes do furo e trazer à superfície fragmentos de rocha, alguns de dimensão centimétrica, que podem, se não forem retirados previamente, causar danos ou entupimentos e colmatações durante a fase exploração;
- Produzir, com o maior rendimento possível, água limpa e sem material fino em suspensão.

Os métodos de desenvolvimento de captações podem ser físico-mecânicos ou químicos. A seleção do método a empregar depende do modo de construção da captação e do tipo de aquífero. Os métodos mecânicos de desenvolvimento das formações aquíferas consistem em criar fluxos superiores aos naturais através de agitação ou bombagem. Como exemplo destes métodos temos a pistonagem, a sobrebombagem, o desenvolvimento com ar comprimido (“air-lift” – Figura 4.14), o desenvolvimento por jato a alta pressão (“jetting”), o desenvolvimento de níveis produtivos isolados com recurso a “packers” e os sistemas de desenvolvimento por fracturação (hidrofracturação e emprego de explosivos) (Ferreira et al., 2012). Estes últimos casos aplicam-se antes da instalação da coluna definitiva e em situações geológicas muito específicas.



**Figura 4.14** - Limpeza e desenvolvimento de uma captação pelo método "air-lift" [Fonte: Ferreira et al., 2012].

Os métodos químicos consistem na utilização de agentes químicos que dissolvem a rocha ou dispersam as argilas (efeito dispersante), libertando as frações finas que obstruem as fissuras/fraturas da formação aquífera. Como exemplos destes métodos temos a aplicação de polifosfatos e a acidificação.

Um dos métodos mais usados é o desenvolvimento com ar comprimido (método “air-lift”), em regime de paragens e arranques, incidindo sobre toda a extensão produtiva do furo, isto é, as zonas dos tubos-ralo. Neste método, o compressor deve proporcionar pressão e débito de ar injetado suficientes para iniciar e manter a operação de desenvolvimento da captação.

Na limpeza e desenvolvimento da captação pelo sistema “air-lift” é indispensável que a coluna de injeção do ar tenha uma submersão mínima de 40%, devendo também ser utilizada uma coluna autónoma para elevação da água. Antes de se iniciar a injeção de ar, deve ser sempre medido o nível de água no furo. O compressor deve trabalhar em regime de paragens (cerca de 5 a 10 minutos)



arrancando de seguida e trabalhando continuamente durante 10 a 15 minutos. Este processo de limpeza do furo só deve terminar quando a água sair limpa, sem arrastamento de areias finas ou turvação, podendo durar alguns dias (24 a 48 horas).

Para verificar expeditamente se a água está limpa, enche-se, por exemplo, uma garrafa de vidro transparente e, uma vez fechada, inverte-se rapidamente colocando-a contra o Sol. Caso se observe turvação ou a queda rápida de areias finas contidas na água, é sinal de que o furo ainda não está suficientemente limpo e a operação de limpeza deve continuar.

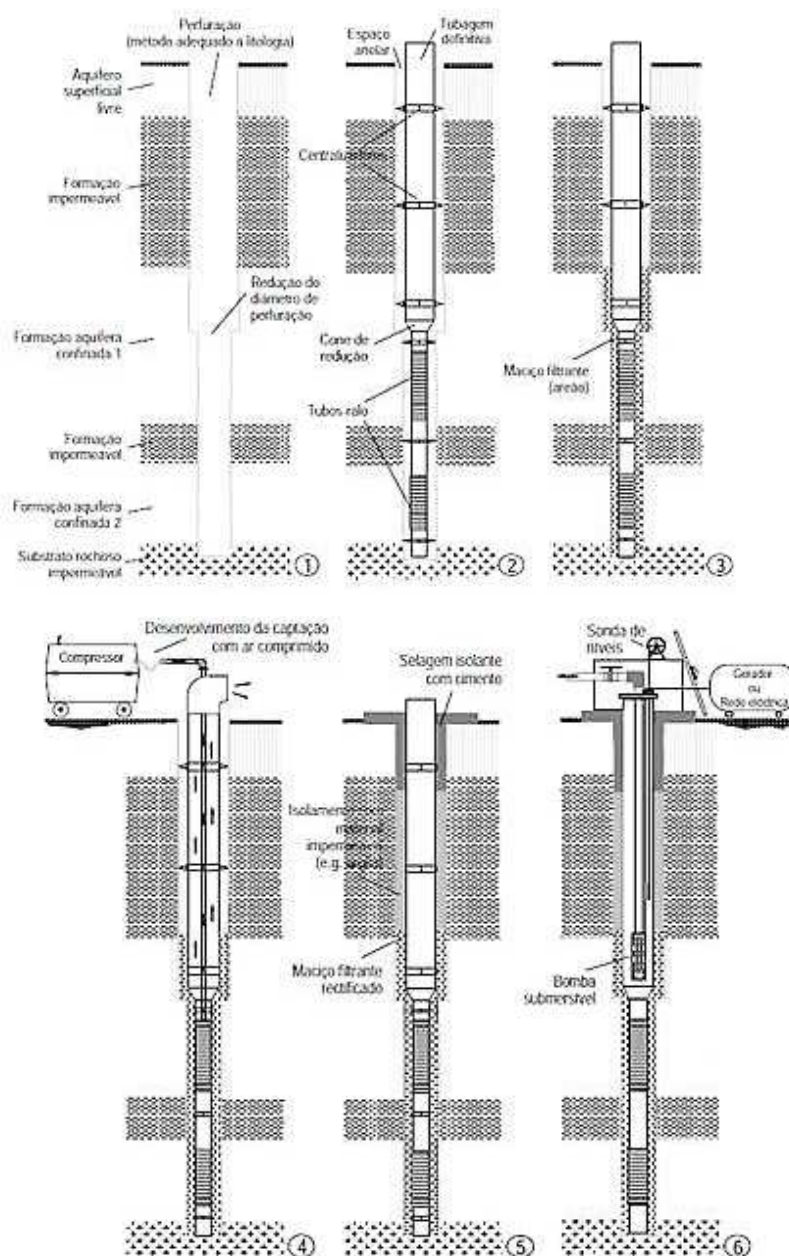
O dimensionamento do sistema de bombagem a utilizar no ensaio de caudal final é feito com base nos caudais observados no final da limpeza e desenvolvimento pelo método “*air-lift*”. Com frequência, mas em desrespeito pela legislação em vigor e pelas boas práticas técnicas, este método com recurso a ar comprimido é utilizado para determinar o caudal do furo e o respetivo nível. No entanto, os dados assim obtidos não são rigorosos nem suficientes para a escolha correta das características dos equipamentos de bombagem a ser instalados para a exploração do furo. Esses dados só podem ser corretamente conseguidos pelo ensaio de caudal com bomba elétrica submersível que constituirá a operação com que termina a obra.

#### 4.3.6.6. Isolamento para proteção dos aquíferos

Conforme já referido, o isolamento no troço superior do furo, entre o terreno e o revestimento definitivo, chamado de espaço anelar, é obrigatório por lei. Esta operação destina-se a evitar a contaminação dos aquíferos atravessados pelo furo por substâncias poluentes (fertilizantes, produtos fitofarmacêuticos, efluentes humanos ou animais, etc.) que se encontram frequentemente no solo e que tendem a penetrar nos furos desprotegidos a partir da superfície. Para além dos prováveis prejuízos impostos à captação, ao aquífero e ao meio ambiente, a infração desta disposição legal é penalizada com coimas de valores muito elevados ou podendo mesmo levar à inutilização compulsiva da captação. A construção do isolamento do troço superior do furo entre o terreno e a coluna definitiva pode conseguir-se do seguinte modo:

- Preenchendo o espaço anelar (espaço entre a tubagem de revestimento do furo e as paredes de perfuração) com material argiloso entre o topo do maciço filtrante e a cota inferior da selagem superficial com calda de cimento. Em alternativa ao material argiloso, podem ser usadas outras substâncias isolantes próprias (à base de argilas expansivas) existentes no mercado, exemplo compactonite;
- A selagem superficial com calda de cimento deve sempre ser feita desde da superfície do terreno até uma certa profundidade, no mínimo igual à indicada no processo de licenciamento (normalmente máximo 20 metros);
- Em geral, a selagem de um furo deve estender-se até à profundidade de uma formação compacta ou impermeável.

Em forma de resumo da construção do furo, apresenta-se na figura 4.15 um esquema simplificado das fases principais da evolução da construção de um furo.



**Figura 4.15** - Esquema de resumo das fases de construção de um furo de água (coluna de revestimento com redução) [Fonte: Ferreira et al., 2012].

#### 4.4. Ensaio de Caudal/ Aquífero

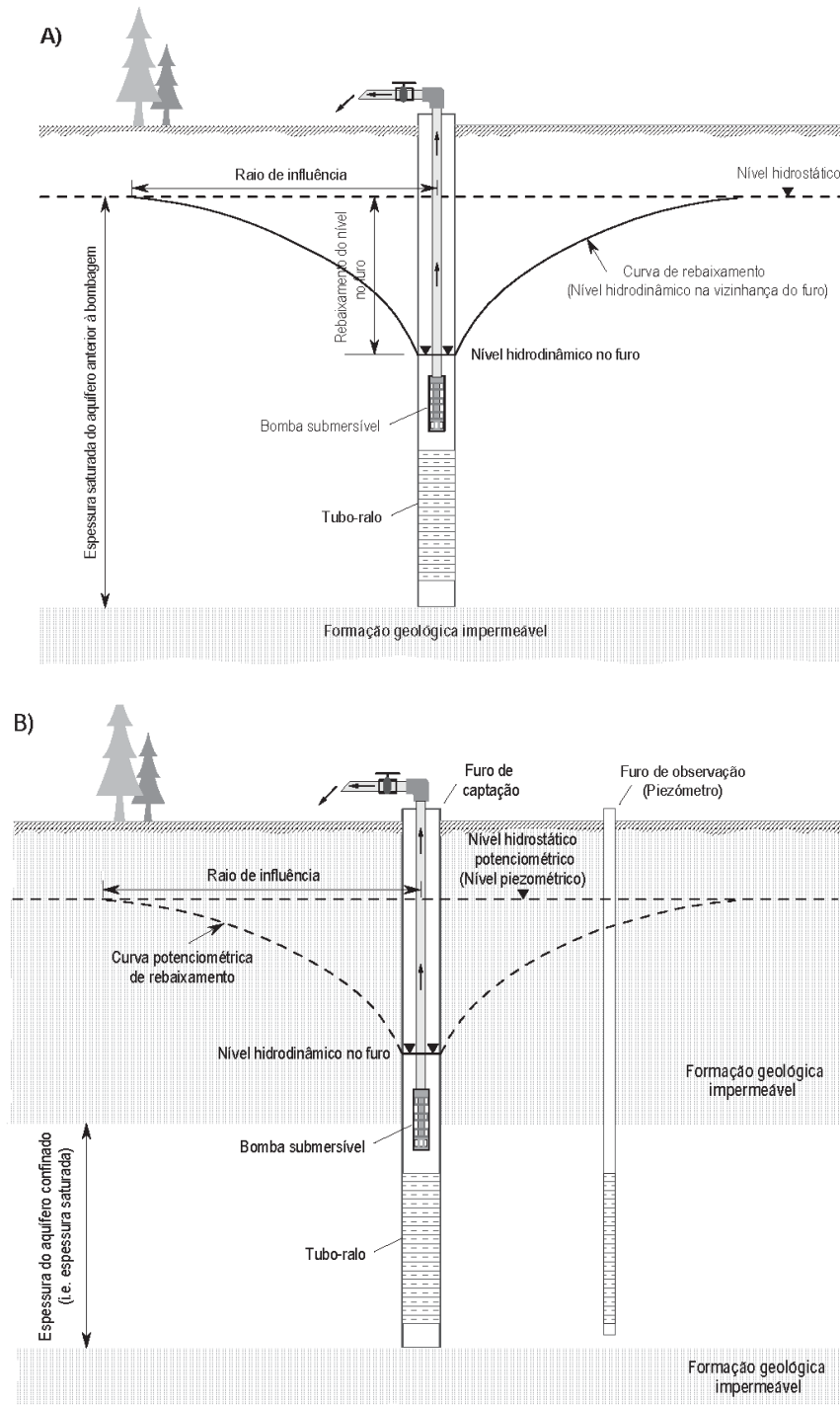
Uma vez terminado o desenvolvimento da captação, dever-se-á ensaiar a sua produtividade visando:

- A definição e otimização do caudal de exploração;
- A seleção do tipo de bomba (bomba de aspiração, bomba de eixo vertical e, mais comumente, bomba submersível);
- O dimensionamento (potência) da eletrobomba submersível e as condições da sua montagem;
- A obtenção de parâmetros hidrodinâmicos que permitem perspetivar a resposta do aquífero a determinado regime de exploração.

De facto, para se conhecer com segurança as características do equipamento de bombagem definitivo a instalar, deve ser feito, e é obrigatório por lei, um ensaio de caudal com bomba elétrica submersível. Só assim se elimina o risco de colocação de uma bomba sobredimensionada ou subdimensionada.

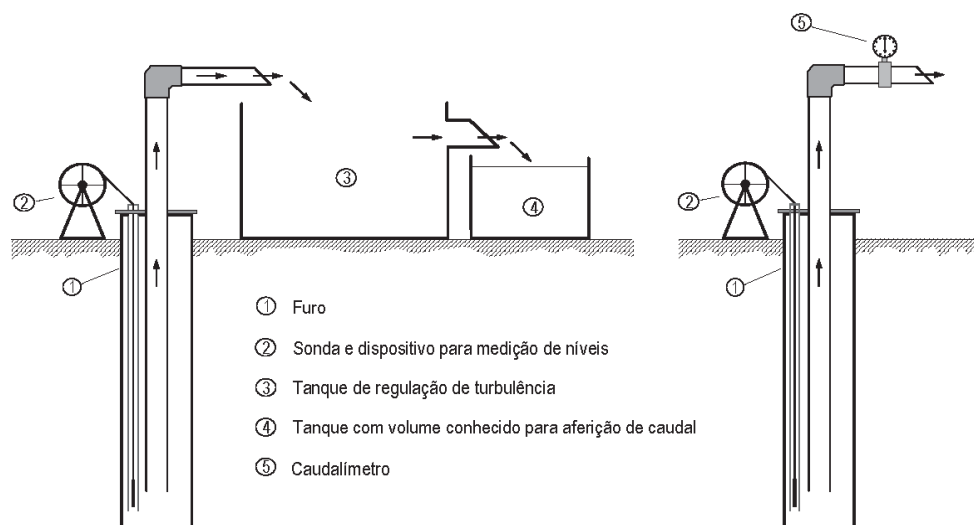
No caso de uma bomba sobredimensionada, além do maior consumo energético, pode comprometer-se a vida útil da captação devido aos fluxos turbulentos induzidos, podendo ainda verificar-se a inutilização da captação ou da própria bomba pelo súbito ou continuado arrastamento de areias/finos (ou turvação). Na situação de uma bomba subdimensionada não se aproveitam as reais capacidades do conjunto furo/aquífero, que até podem ser superiores às necessidades.

Na figura 4.16 representa-se o efeito da bombagem de dois furos, um a captar num aquífero livre e outro num aquífero confinado, evidenciando-se, em particular, o nível hidrostático, o nível hidrodinâmico, o rebaixamento observado no furo, a curva de rebaixamento do aquífero na vizinhança do furo e o respetivo raio de influência.



**Figura 4.16** - Efeito da bombagem de furos a captar num aquífero livre e num aquífero confinado.

Conforme a figura 4.17, o ensaio de caudal deverá ser dotado de dispositivos que permitam o controlo dos caudais bombeados e a medição dos níveis hidrodinâmicos (ou dos rebaixamentos dos níveis de água a partir do nível hidrostático) em função de uma escala de tempos adequada.



**Figura 4. 17** - Dispositivo de medição de níveis e dispositivos de medição de caudal com tanque de aferição ou com caudalímetro.

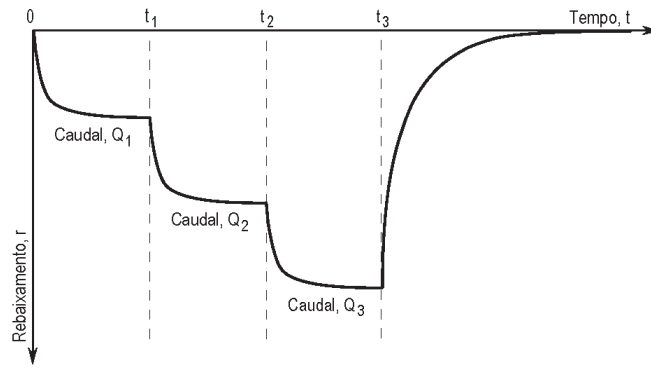
Antes de iniciada a bombagem, é sempre medido o nível hidrostático no interior do furo ou, se possível, num piezómetro ou noutros furos próximos que captem nos mesmos níveis aquíferos. Posteriormente é medida a evolução temporal do nível hidrodinâmico (rebaixamentos), registando-se, numa tabela de ensaio, os caudais, tempos e níveis. Após a cessação da bombagem, da mesma forma, deverão também ser registados os níveis hidrodinâmicos de recuperação (ascensões).

O tempo de duração do ensaio de caudal é muito variável pois depende das características hidrodinâmicas do furo e dos aquíferos a explorar. Por exemplo nos aquíferos confinados, quando sujeitos a uma certa extração, o tempo de estabilização hidrodinâmica é, em regra, muito menor do que nos aquíferos livres.

Dos diversos tipos de ensaio de caudal destacam-se os seguintes:

- Ensaios Escalonados (ensaio a caudal variável): efetuados por escalões (patamares) crescentes de caudal. Podem decorrer com paragem da bomba e recuperação de níveis entre cada escalão, ou de modo contínuo, sem paragem da bomba aquando do aumento de escalão e, portanto, sem recuperação de níveis. O número de escalões poderá variar entre três e cinco, sendo conveniente que todos tenham a mesma duração de bombagem;
- Ensaio a Caudal Constante: executado com um caudal cujo valor é semelhante ao futuro caudal de exploração e que pode ser definido a partir da interpretação dos resultados dos ensaios escalonados.

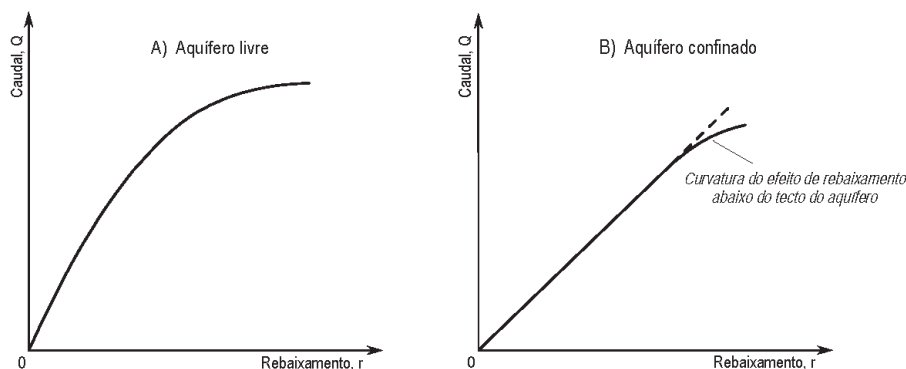
Este ensaio permite determinar o caudal recomendado e fundamentar o regime de exploração da captação. Para o efeito, iniciada a bombagem e uma vez atingida uma “estabilização” aproximada do nível hidrodinâmico correspondente àquele caudal, com o subsequente ensaio de recuperação de níveis, ficam reunidos os dados cujo tratamento e interpretação permitem consubstanciar as recomendações relativas ao caudal e regime de exploração do furo. É de salientar que o ensaio de recuperação de níveis, embora não tenha um carácter obrigatório, é de execução muito fácil e de grande utilidade para a análise de cenários possíveis de exploração da captação.



**Figura 4. 18** - Representação gráfica de um ensaio de caudal escalonado com estabilização de níveis e recuperação final, sendo  $t_1=t_2=t_3$  e  $Q_1<Q_2<Q_3$

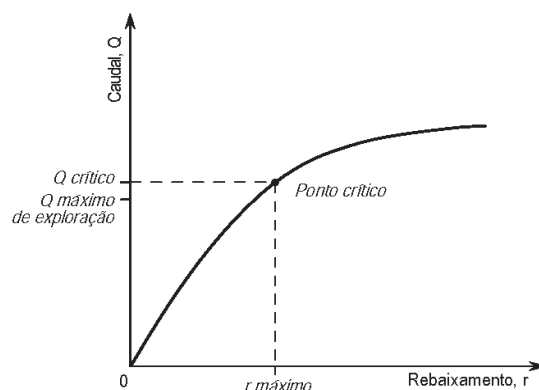
Existem diversas metodologias utilizadas pelos especialistas para interpretar os resultados dos ensaios de caudal e estimar os parâmetros hidrodinâmicos relacionados com o binómio furo/aquífero.

Um procedimento que importa referir no âmbito deste manual é a determinação da curva característica do furo  $r = f(Q)$ , isto é, a representação gráfica do rebaixamento ( $r$ ) em função do caudal ( $Q$ ) extraído (Figura 4.19).



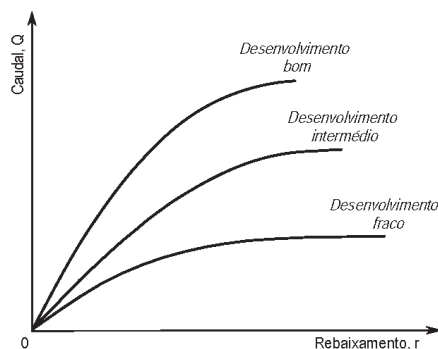
**Figura 4.19** - Curvas características teóricas  $r = f(Q)$  para (A) um aquífero livre e (B) para um aquífero confinado.

O gráfico obtido permite inferir o caudal crítico e o caudal ótimo de exploração (Figura 4.20). O caudal crítico é inferido pela acentuada inflexão da curva do gráfico. O valor do caudal de exploração deve ser semelhante, mas menor do que o valor do caudal crítico.



**Figura 4. 20** - Determinação do caudal crítico e do caudal máximo de exploração a partir da curva característica  $r = f(Q)$

O gráfico  $r = f(Q)$  depende, inicial e intrinsecamente, do comportamento hidrodinâmico do aquífero e das características construtivas do furo, sendo, posteriormente, influenciado pela limpeza/desenvolvimento e/ou envelhecimento com colmatção progressiva do mesmo (Figura 4.21).



**Figura 4.21** - Evolução do gráfico  $r = f(Q)$  consoante os graus de limpeza / desenvolvimento e/ou de colmatção progressiva do furo.

Em termos de conclusão, os ensaios de caudal/aquífero são de grande interesse pois, conforme já foi referido anteriormente, a interpretação dos seus resultados permitirá:

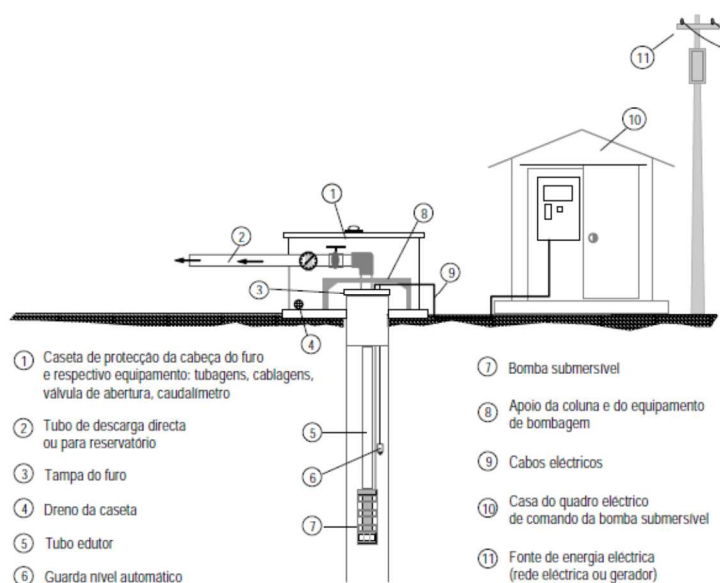
- Determinar as características intrínsecas à captação (caudal ótimo de exploração, caudal crítico, caudal específico);
- Avaliar a evolução da eficiência da captação;
- Selecionar a bomba submersível adequada;
- Estimar os valores dos parâmetros hidrodinâmicos intrínsecos ao aquífero na área envolvente ao furo: condutividade hidráulica, transmissividade e coeficiente de armazenamento, sendo que a determinação deste último só é possível com a medição de níveis num piezómetro próximo);
- Identificar eventuais efeitos barreira (positivos ou negativos).
- Definir a posição da bomba e dos dispositivos de segurança

## 4.5. Acabamento do furo, equipamento de bombagem e manutenção geral

Terminada a construção da captação, deve ainda ter-se em especial consideração os aspetos que a seguir se apontam.

### 4.5.1. “Cabeça do furo”

Conforme a figura 4.22, a “cabeça do furo” deve ficar protegida dentro de uma caixa de alvenaria ou betão.



**Figura 4.22** - Esquema simplificado da “cabeça” e da caseta do furo.

Pode usar-se um anel de betão, pré-fabricado, com cerca de 0.50 m de altura e 1.0 m de diâmetro, sobressaindo do terreno ou enterrado. Embora importe assegurar o seu arejamento eficiente, esta caixa deverá ser coberta com uma tampa encaixada de modo a proteger o seu interior da entrada de qualquer material, incluindo água, proveniente do exterior.

A caixa deve ser drenada, devendo haver o cuidado de colocar uma rede (ou outro sistema) logo na ligação do tubo de drenagem à “caixa” para evitar a entrada de material ou pequenos animais.

A tubagem do furo deve sobressair da base da caixa o suficiente para que não sejam dificultadas quaisquer operações de limpeza ou manutenção. Em alternativa à caixa pode optar-se pela construção de uma caseta sobre o furo. Neste caso, a caseta deve prever, no seu teto, uma abertura para as operações de instalação e/ou de retirada de equipamento, nomeadamente o de bombagem, para reparação, manutenção ou substituição.

A “cabeça do furo” deve ficar protegida por uma tampa roscada ou justaposta por onde passarão, através de aberturas próprias, a tubagem de extração de água, cabos elétricos, cabo de segurança da bomba e cabos de ligação aos sensores internos do furo.

#### 4.5.2. Equipamento de bombagem

O equipamento de bombagem inclui o grupo eletrobomba, em geral submersível, e os respetivos órgãos de comando e controle.

As características hidromecânicas da bomba devem obedecer rigorosamente às especificações resultantes do ensaio de caudal executado no final da obra, definindo-se o seu dimensionamento com base nos seguintes aspetos:

- Caudal máximo de exploração e nível hidrodinâmico correspondente;
- Diâmetro da captação (conforme referido anteriormente a bomba deve permanecer afastada das paredes da tubagem de revestimento pelo menos 1”);
- Cota de descarga da água bombeada;
- Perdas de carga nas condutas de adução e respetivos órgãos acessórios.

Atente-se que a bomba nunca deve permitir uma extração de caudal superior ao definido pelo ensaio. Uma bomba sobredimensionada (mais potente) provocará o envelhecimento prematuro da captação, por exemplo, pelo arrastamento de material fino para dentro do furo causando avarias na bomba. Por outro lado, esse material fino mobilizado pela bombagem excessiva e que não entra para o furo, vai preencher os espaços vazios do maciço filtrante colmatando-o e provocando a redução parcial ou mesmo total do caudal. O equipamento de bombagem nunca deve ficar apoiado na coluna de revestimento, mas antes num suporte simples que descarregue o peso e as vibrações desse equipamento na soleira da caixa da captação.

A bomba submersível deve posicionar-se, com alguma margem de segurança, abaixo do nível hidrodinâmico correspondente ao caudal máximo de exploração recomendado. A bomba deve ainda posicionar-se acima dos tubos-ralo, mas em casos especiais, quando existem vários troços drenantes, tal poderá não ocorrer em relação a todos eles. O equipamento de bombagem deve incluir:

- Um dispositivo guarda-nível colocado 2 a 3 m acima da bomba, que a protege, desligando-a quando o nível dinâmico da água no furo desce de modo imprevisto abaixo desse dispositivo. Preferencialmente, tal dispositivo deve posicionar-se de acordo com o NPSH (“*net position suction head*”) específico da bomba, o qual define a submersão ou altura mínima da coluna de água acima da bomba para o seu funcionamento seguro;



- Um manómetro intercalado na tubagem de condução de água para controlo da pressão de funcionamento da bomba, ou outro dispositivo (eletrónico) de controlo dessa pressão;
- Um caudalímetro para controlo dos caudais extraídos;
- Quaisquer outros dispositivos mais específicos previstos no plano de exploração.

Acresce referir que a bomba e respetivos acessórios devem ser selecionados em função das características físico-químicas da água. A bomba deve ficar suspensa em cabo próprio e não “pendurada” na tubagem de adução.

#### **4.5.3. Manutenção**

O furo e o respetivo equipamento deverão ser alvo de uma manutenção periódica e controle sistemático, pelo que há a considerar as seguintes regras:

- A captação deverá ser protegida, nomeadamente através do seu isolamento estanque mas com sistema de arejamento que não permita a entrada de pequenos objetos e animais;
- Os órgãos de comando e de controlo da bombagem devem ser inspecionados pelo menos duas vezes por ano e sempre que as condições de humidade na caseta de proteção o justifiquem;
- A bomba e tubagem de condução devem ser revistas anualmente ou, no mínimo, de 2 em 2 anos;
- A captação deve ser limpa, preferivelmente pelo sistema de “air-lift” (ar comprimido), com uma periodicidade adequada ao seu regime de exploração;
- Os níveis de água e a posição da bomba devem ser regularmente controlados;
- Nunca se devem extrair caudais superiores aos recomendados no relatório final da captação;
- Deve proceder-se a análises físico-químicas e bacteriológicas periódicas da água extraída, reguladas de acordo com os fins da sua utilização;
- Deve organizar-se o espaço envolvente da captação para facilitar o acesso às operações de vistoria e manutenção.

#### **4.6. Relatório final da obra**

Em cumprimento do preceituado pelo nº 3 do artigo 41º do Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio, o empreiteiro, uma vez concluída a obra, deve elaborar o respetivo Relatório Final (ver Anexo 2). Além do devido enquadramento hidrogeológico, este relatório deve conter toda a informação relativa aos trabalhos realizados, aos materiais e equipamentos aplicados na captação, assim como a definição das suas condições de exploração, proteção e manutenção.

#### **4.7. Saúde, higiene e segurança no trabalho**

Como qualquer outra obra de construção civil, também a execução de um furo de captação de água exige medidas de segurança, previstas pela lei que nem o Dono da Obra nem a Empresa que a executa podem ignorar. Seja qual for o método de perfuração, é obrigatório que o Empreiteiro coloque em local bem visível da obra, um cartaz com a sinalética e os equipamentos pessoais que cada operário deve utilizar. Também outros aspetos não menos importantes, tais como os que a seguir se referem, deverão ser tidos em conta:

- O material utilizado na obra deve estar criteriosamente arrumado para que seja facilitada a circulação na área dos trabalhos e de modo a evitar acidentes (quedas ou outros);
- Designadamente, as varas de aço usadas na perfuração devem ser arrumadas com segurança de modo a que não resvalam, situação que pode provocar graves acidentes; esta precaução é extensível ao arrumo da tubagem de revestimento do furo, seja ela em aço ou em PVC;
- Na presença de cabos elétricos na zona dos trabalhos, deverá ter-se o cuidado de a torre da máquina de perfuração, quando em manobra ou depois de fixa no local do furo, respeitar os limites de segurança no afastamento em relação a esses cabos;

- Sempre que os métodos de perfuração sejam os de rotação com circulação direta ou inversa, é habitualmente necessária a abertura no terreno de cavidades que servirão de “tanques” para circulação das lamas utilizadas na perfuração. Neste caso, torna-se obrigatório que esses tanques para as lamas estejam devidamente assinalados e protegidos para evitar a queda de qualquer pessoa ou animal nos mesmos. Algumas Empresas possuem depósitos próprios para o funcionamento do sistema, evitando, deste modo, a abertura daquelas cavidades;
- O pessoal da obra deve ser instruído para as devidas precauções contra acidentes, dispondo de uma caixa de primeiros socorros e dos números telefónicos das autoridades mais próximas (INEM, Bombeiros ou outros) que eventualmente tenham de acorrer a qualquer acidente mais grave;
- À entrada do estaleiro deve haver sinalização própria que restrinja o acesso, reservando-o ao pessoal relacionado com a obra, fiscalização e, naturalmente, ao próprio Dono.

#### 4.8. Características das captações com base no histórico existente

Para análise das características das captações nos sectores de Vagos, Ílhavo, Aveiro e Oliveira do Bairro, representa-se a informação nos diagramas circulares de percentagem e que consta no Anexo 2.

##### 4.8.1. Captações versus Profundidade

Na figura 4.23 apresenta-se a informação relativa à profundidade dos furos de captação nos sectores de Vagos, Ílhavo, Aveiro e Oliveira do Bairro.

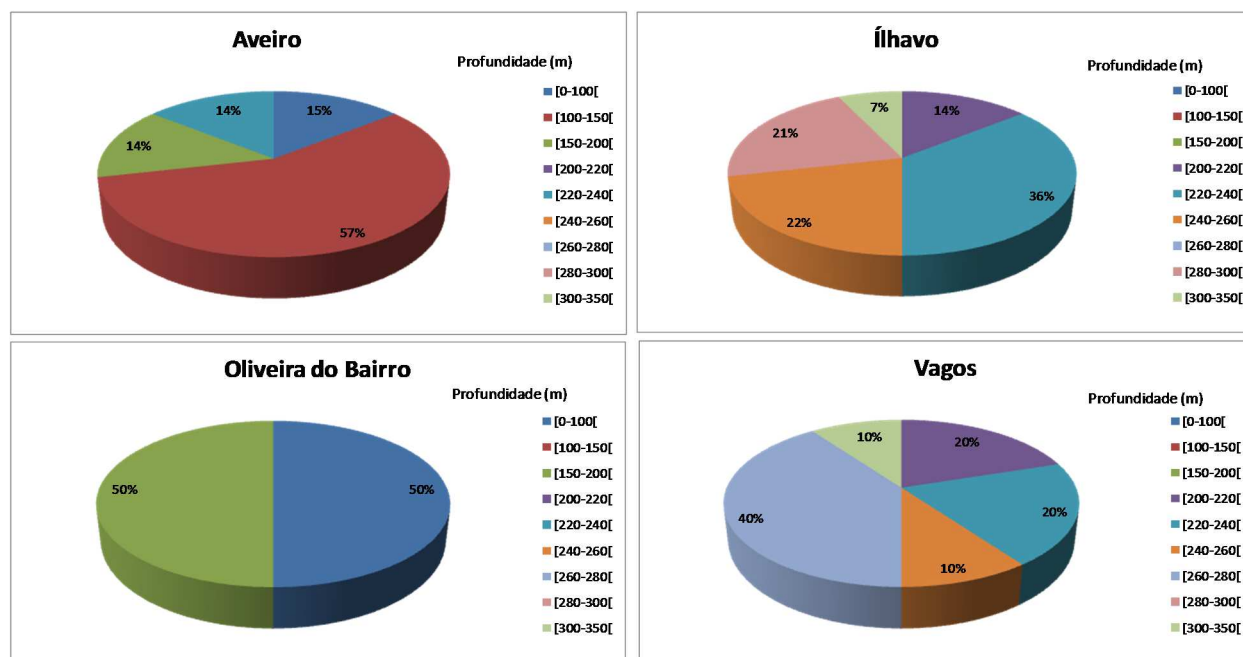


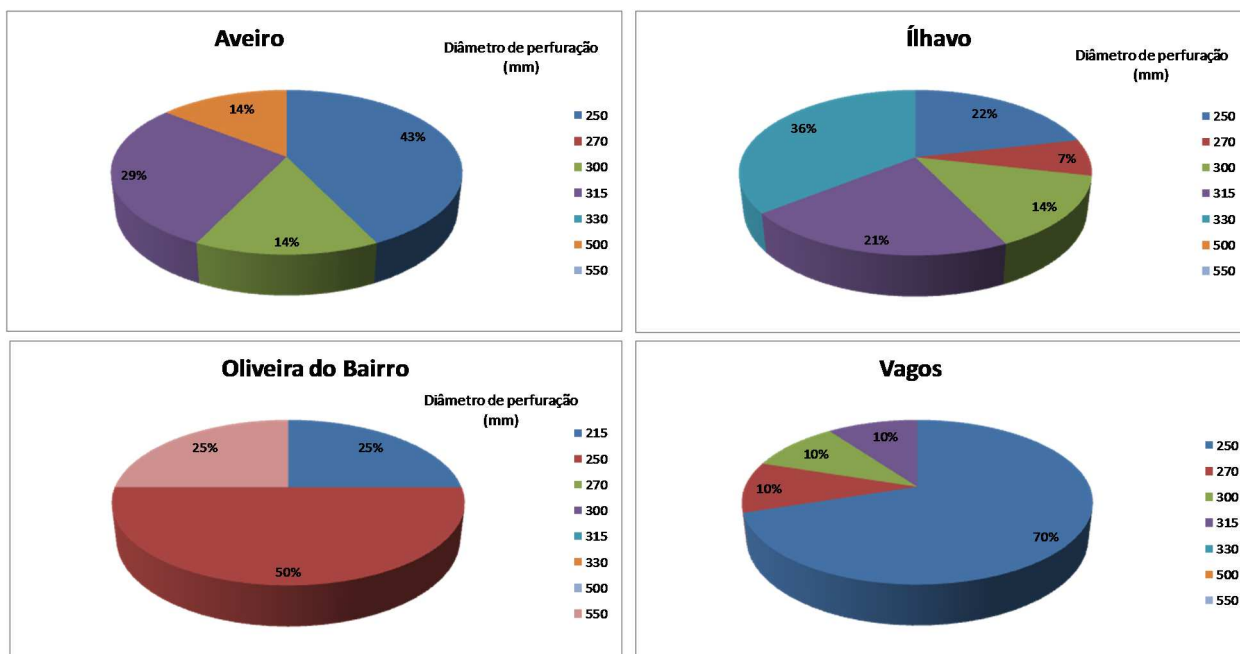
Figura 4.23 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus profundidade.

Pela análise da figura 4.23 constata-se que o sector de Vagos os furos apresenta profundidades médias de 250 m. Esta profundidade justifica-se pelo facto do aquífero do Cretácico estar limitado no topo por uma camada de grande espessura de argilas de Vagos. Cerca de metade destes furos tem profundidades que variam entre 260 a 280 metros. Os restantes furos apresentam profundidades inferiores, no entanto sempre com valores superior a 200 metros. Resultados idênticos são obtidos no sector de Ílhavo. No sector de Aveiro verifica-se que os furos têm profundidades bastante variadas, sendo que a menor profundidade é 60 metros e a maior de 237 metros. A figura mostra que neste sector uma grande percentagem de furos tem uma profundidade entre os 100 e 150 metros. No sector de Oliveira do Bairro verifica-se que os furos em estudo têm profundidades mínimas de 60 metros e máximas de

183 metros. Cerca de 50 % dos furos tem profundidade inferior a 100 metros e a outra metade da percentagem com profundidade entre os 150 e 200 metros.

#### 4.8.2. Captações versus Diâmetros de Perfuração

A figura 4.24 apresenta-se a informação relativa ao diâmetro de perfuração (importante para a entrada de mais água, mas essencialmente para a boa filtragem entre a perfuração e o revestimento).



**Figura 4. 24** – Diagramas circulares relativos a captações de água versus diâmetro de perfuração.

De acordo com a figura 4.24 verifica-se que no sector de Vagos a maioria das captações apresenta um diâmetro de perfuração de 250 mm. O facto de não existir valores inferiores a este diâmetro (por exemplo 140mm), deve-se ao facto de para zonas de areias o valor mínimo recomendado é de 250 mm, sendo que neste caso o diâmetro mais apropriado é 270 mm. No sector de Ílhavo verifica-se que os diâmetros de perfuração são maioritariamente 330 mm sendo que os restantes diâmetros variam entre 250 e 330 mm. O sector de Aveiro mostra que grande parte dos furos (cerca de 43%) foi realizada com um diâmetro de perfuração 250 mm. As restantes captações apresentam diâmetros superiores a 250 mm. No sector de Oliveira do Bairro a maioria dos furos foram executados com um diâmetro de 250 mm, havendo apenas o caso de um furo com um diâmetro de 550 mm, furo em Mamarrosa para AdRA (CAP01\_OBR).

#### 4.8.3. Captações versus Diâmetros de Revestimento

A figura 4.25 apresenta-se a informação relativa ao diâmetro de perfuração. Da análise da figura verifica-se que no sector de Vagos o diâmetro usual para revestir o furo é de 140 mm, pois é o que apresenta melhor relação económico e o necessário para a instalação da bomba.

No sector de Ílhavo verifica-se a predominância de furos revestidos com diâmetro igual a 200 mm, no entanto não são revestidos na sua totalidade (por norma até aos 100 m de profundidade). Esta decisão de revestir furos com um diâmetro de 200 mm, surge pela necessidade de colocar uma bomba de 6", ou seja bombas que retiram caudais superiores 20 m<sup>3</sup>/h. No sector de Aveiro pode-se verificar que 43% dos furos são revestidos com um diâmetro de 140 mm, sendo que os restantes furos apresentam diâmetros superiores. Existem furos entubados a 200 e depois reduzidos para 160 mm. No sector de Oliveira do

Bairro constata-se que a maioria dos furos em estudo (cerca de 75%) é revestida com um diâmetro de 140 mm sendo que os restantes furos apresentam diâmetros superiores a 300 mm.

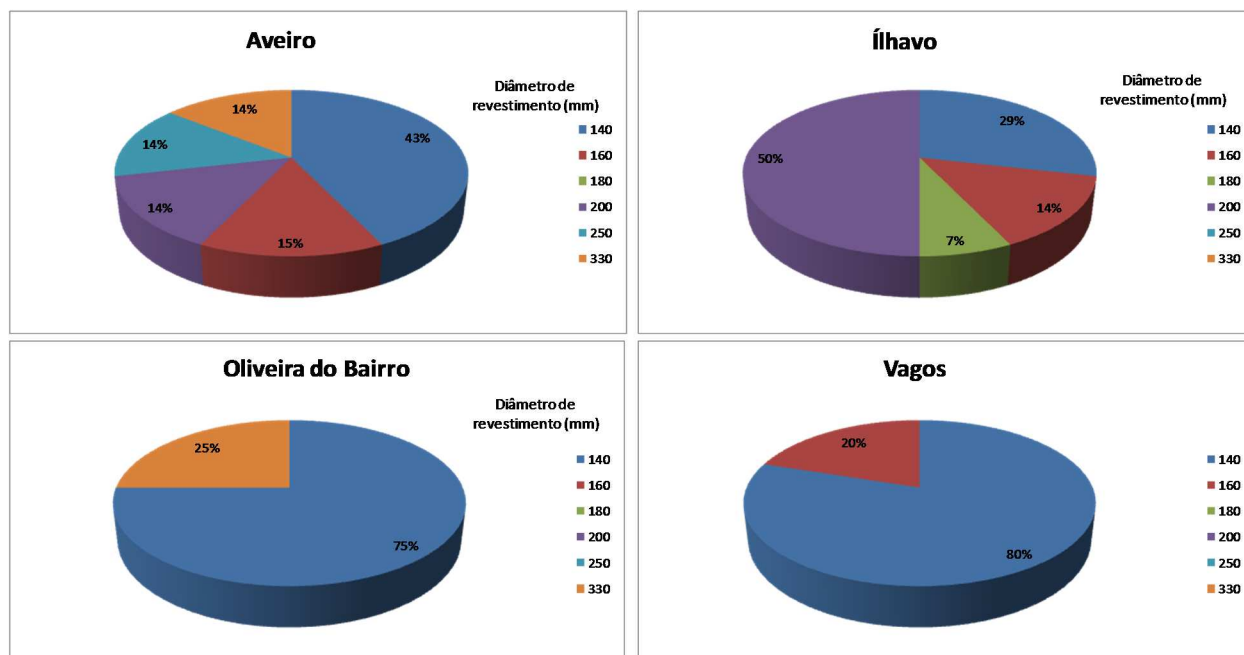


Figura 4.25 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus diâmetro de revestimento.

#### 4.8.4. Captações versus Profundidade dos Ralos

A figura 4.26 apresenta-se a informação relativa à profundidade dos ralos nos sectores de Vagos, Ílhavo, Aveiro e Oliveira do Bairro. Este parâmetro é um dos mais interessantes do ponto de vista do estudo do aquífero, pois avalia onde cada furo começa a captar água.

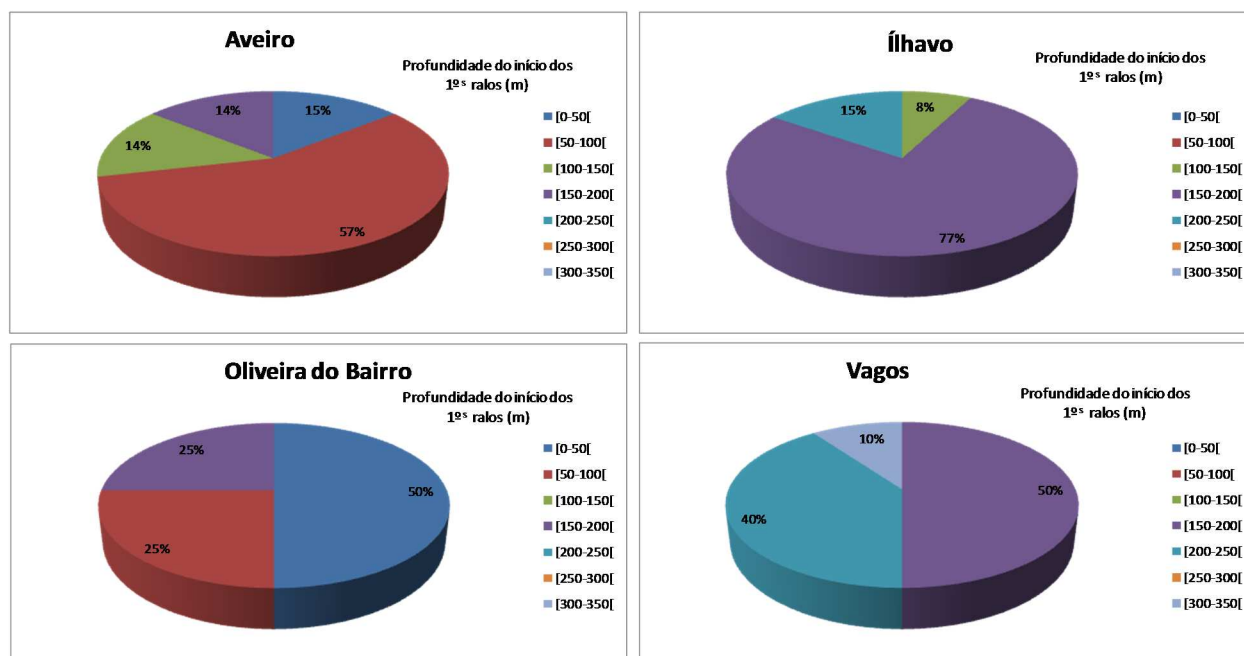


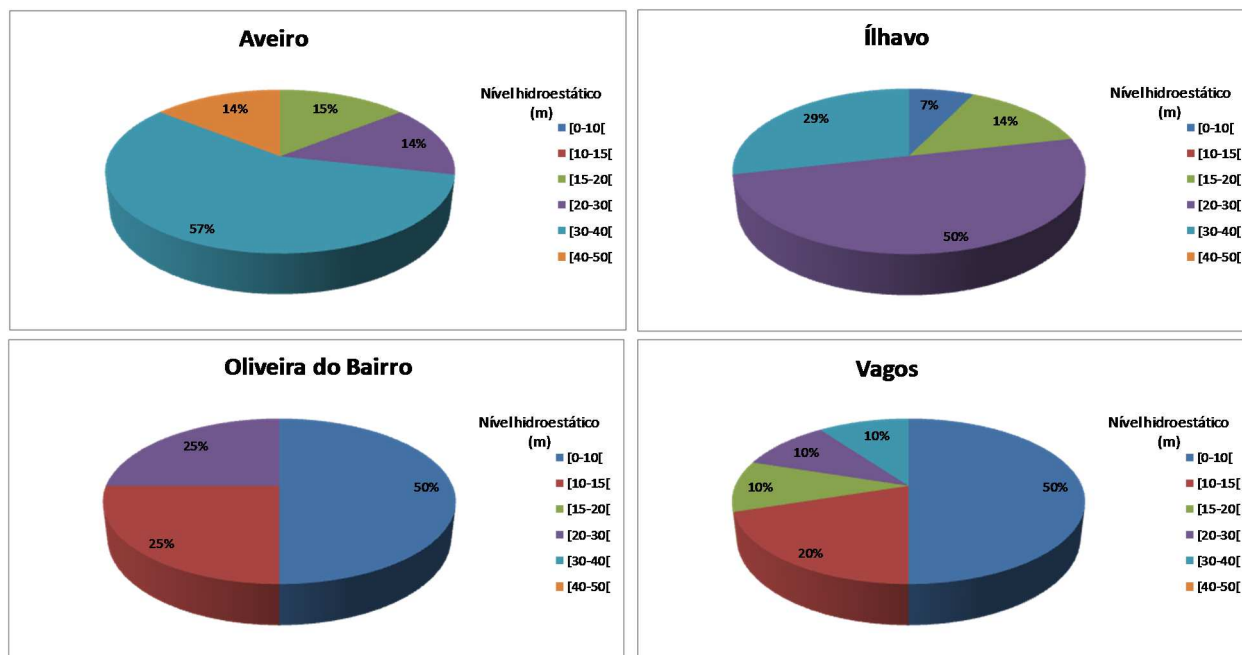
Figura 4.26 - Diagramas circulares relativos a captações de água versus profundidade do início dos 1ºs ralos.

De acordo com a figura 4.26 o posicionamento dos tubos ralos nas captações no sector de Vagos ocorre a partir dos 220 metros, sendo raras as captações que apresentam a colocação de tubos ralos a partir dos 300 metros (esta situação exigia um furo com uma profundidade superior à média).

Deve-se referir que num furo existem várias zonas com tubos ralos, por isso deve-se ter em conta que não é bastante captar água apenas numa profundidade, mas em várias. O sector de Ílhavo mostra-nos que a maioria (62%) dos furos estudados capta águas do aquífero a partir de uma profundidade de 180 m enquanto no sector de Aveiro a maioria (43%) das captações captam o aquífero a partir de profundidades entre os 90 e os 150 metros. No sector de Oliveira do Bairro 50% dos furos em estudo capta água a profundidades inferiores aos 50 metros.

#### 4.8.5. Captações versus Nível hidroestático

A figura 4.27 apresenta-se a informação relativa à profundidade dos ralos nos sectores de Vagos, Ílhavo, Aveiro e Oliveira do Bairro.



**Figura 4. 27** – Diagramas circulares relativos a captações de água versus nível hidroestático

A figura mostra os valores dos níveis hidroestáticos registados em 10 furos do sector de Vagos. Neste sector verifica-se que metade tem níveis inferiores a 10 metros, o que demonstra que este aquífero tem um grande nível piezométrico. No sector de Ílhavo é possível observar que metade dos furos estudados, apresentam um nível hidroestático entre 20 e 30 metros. No sector de Aveiro 57% das captações apresentam níveis estáticos entre 30 a 40 metros enquanto no sector de Oliveira do Bairro 75% das captações apresentam níveis hidroestáticos que variam entre 0 a 20 metros. Os níveis mais baixos em Aveiro indicam zonas de maior exploração.

#### 4.8.6. Captações versus Caudal

A figura 4.28 apresenta-se a informação relativa ao caudal nos sectores de Vagos, Ílhavo, Aveiro e Oliveira do Bairro.

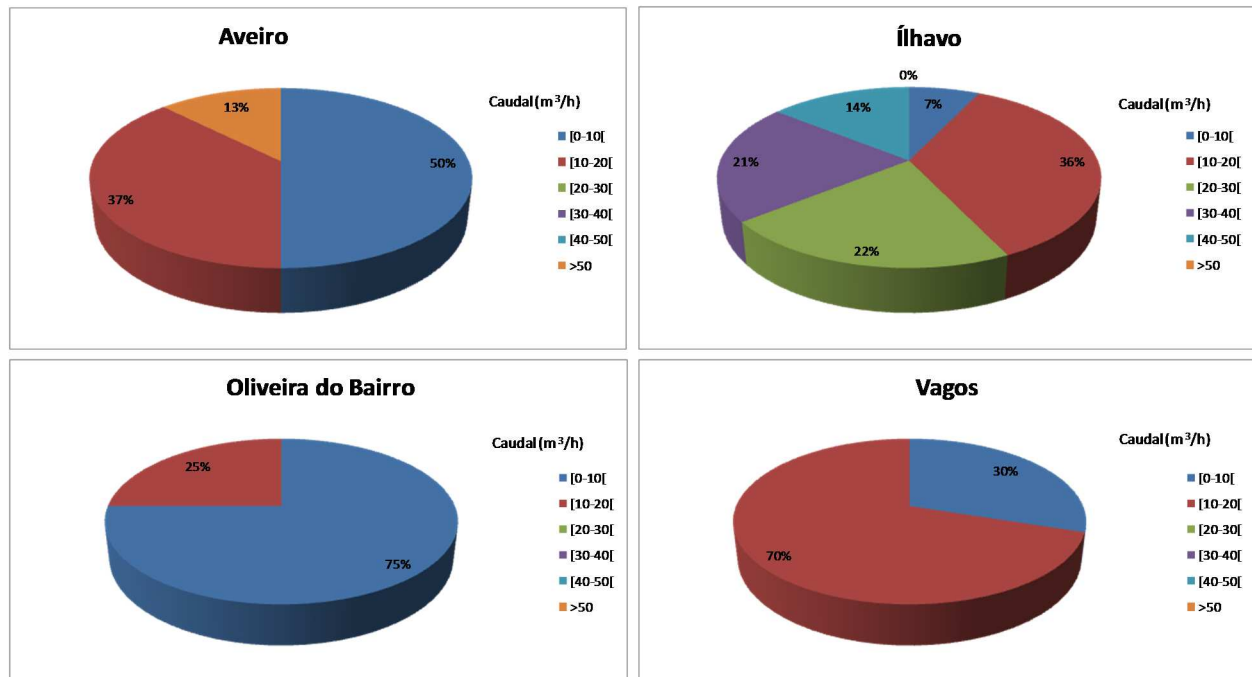


Figura 4.28 – Diagramas circulares relativos a captações de água versus caudal.

Da análise da figura verifica-se que no sector de Vagos o caudal varia normalmente entre os 10 e os 15 m<sup>3</sup>/h, sendo de referir que na maioria dos casos os ensaios foram realizados com uma bomba submersível o que explica a não obtenção de caudais maiores. Normalmente, este aquífero tem produtividade na ordem dos 40 m<sup>3</sup>/h, e por vezes até mais. No sector de Ílhavo verifica-se que praticamente todos os furos (cerca de 93%) apresentam caudais superiores a 10 m<sup>3</sup>/h. Apenas 36% dos furos apresenta um caudal entre os 10 m<sup>3</sup>/h e 20 m<sup>3</sup>/h. Nos sectores de Aveiro e de Oliveira do Bairro observa-se que a 57% das captações tem caudais superiores a 10 m<sup>3</sup>/h e 43% tem caudais que variam entre os 10 m<sup>3</sup>/h e 20 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.8.7. Síntese e interpretação dos resultados

De entre os sectores em estudo, o sector de Vagos é aquele que exige furos com maior profundidade para alcançar as camadas mais produtivas do sistema aquífero do Cretácico. Da análise das figuras anteriores, é possível verificar a existência de um baixo nível hidroestático (nos dias de hoje o nível desta zona ronda os 20 a 40 metros). Os dados apontam para a existência de um rebaixamento do nível piezométrico em dez anos, mas é muito prematuro afirmá-lo já que a informação disponível é reduzida.

O comportamento do sector Ílhavo é muito semelhante à de Vagos, apenas que não é necessário ter captações tão profundas, uma vez que é possível captar o aquífero a profundidades entre os 160 e os 180 metros. De referir que este sector caracteriza-se pela presença de um número elevado de empresas que necessitam de grandes caudais o que justifica a existência de furos revestidos a 200 mm de diâmetro. Ao longo destes anos não se tem verificado grandes rebaixamentos, confirmando este facto quando da limpeza dos furos (grande satisfação dos clientes com os furos, pois o caudal manteve-se). Neste sector verifica que os níveis hidroestáticos variam entre os 20 e os 30 metros. É uma zona que abrange áreas próximas do mar (zona das Gafanhas) e por isso é importantíssimo o isolamento de águas superficiais.

No sector de Aveiro a captação de água no sistema aquífero em estudo faz-se a profundidades que rondam os 100 metros. A uma profundidade entre os 150 e 180 metros capta-se caudais muito razoáveis. Este sector pode apresentar caudais inferiores comparativamente aos furos da zona de Vagos

e Ílhavo, mas é importante salientar que o diâmetro de perfuração e de revestimento influenciam muito nesse aspeto. No sector de Aveiro uma boa percentagem significativa de furos tem diâmetros de revestimento de 140 mm e de perfuração 250 mm. Existe um furo da AdRA feito na freguesia Santa Joana, com um caudal de 167 m<sup>3</sup>/h, o que é espantoso a produtividade do aquífero.

O sector de Oliveira do Bairro, é a zona onde os furos são menos produtivos e em que a profundidades de cerca 180 metros começam-se a captar os calcários do Jurássico, dependendo da zona. Esta produtividade está associada à menor espessura do Grés do Cretácico quando comparado com as outras zonas.

Relativamente à captação do Quaternário, Vagos e Ílhavo são zonas muito produtivas, apesar de apresentarem por norma águas muito ferrosas e com mau cheiro. O sector de Aveiro na grande parte da sua extensão apresenta baixos níveis de produtividade do Quaternário. No sector de Oliveira do Bairro, apenas na zona de Fermentelos, junto da lagoa da Pateira, é que é possível registar uma grande produtividade nas formações quaternárias.

Nota: Análise feita com base nos furos em anexo. Deve-se ter em conta que os níveis hidrostáticos foram medidos na altura da execução dos furos, havendo furos realizados em 2002. Como também, os valores de caudais medidos na altura da realização do furo, dependem do tipo de ensaio efetuado (limpeza direta, “air lift” ou com bomba) e da profundidade a que são feitos.



## CAPÍTULO 5 - GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE AVEIRO: O CASO DO AQUÍFERO CRETÁCICO

O aquífero Cretácico é provavelmente o aquífero confinado em Portugal mais estudado. No entanto, não é ainda totalmente conhecido o seu comportamento hidrodinâmico. Existem ainda, algumas incertezas e hipóteses sobre os processos de recarga e descarga, o fluxo entre camadas e controles geoquímicos que precisam de uma investigação mais aprofundada para fornecer a informação científica necessária para a gestão mais completa das águas subterrâneas deste aquífero (Melo, 2002).

Este aquífero confinado profundo é um recurso de água de muito boa qualidade para a região de Aveiro. Contudo, os recursos de água subterrânea no aquífero Cretácico de Aveiro não devem ser considerados recursos renováveis, por causa das escalas de tempo envolvidas. Este aquífero tem uma grande importância económica e estratégica, pelo que requer uma avaliação adequada e sustentável para garantir uma correta gestão e preservação de seus recursos.

A abordagem multidisciplinar que inclui três vetores que se complementam: (1) hidrogeologia, (2) hidrogeoquímica (incluindo a interação água/matriz do aquífero) e (3) modelação, permitirá uma melhor compreensão da hidrodinâmica de aquíferos complexos (Melo, 2002). A compreensão da hidrogeologia do aquífero Cretácico de Aveiro e da sua hidroquímica é importante não só do ponto de vista científico (teses anteriores evidenciaram características muito específicas, nomeadamente úteis na investigação de paleoclimas), mas principalmente do ponto de vista do desenvolvimento sustentável da Região de Aveiro.

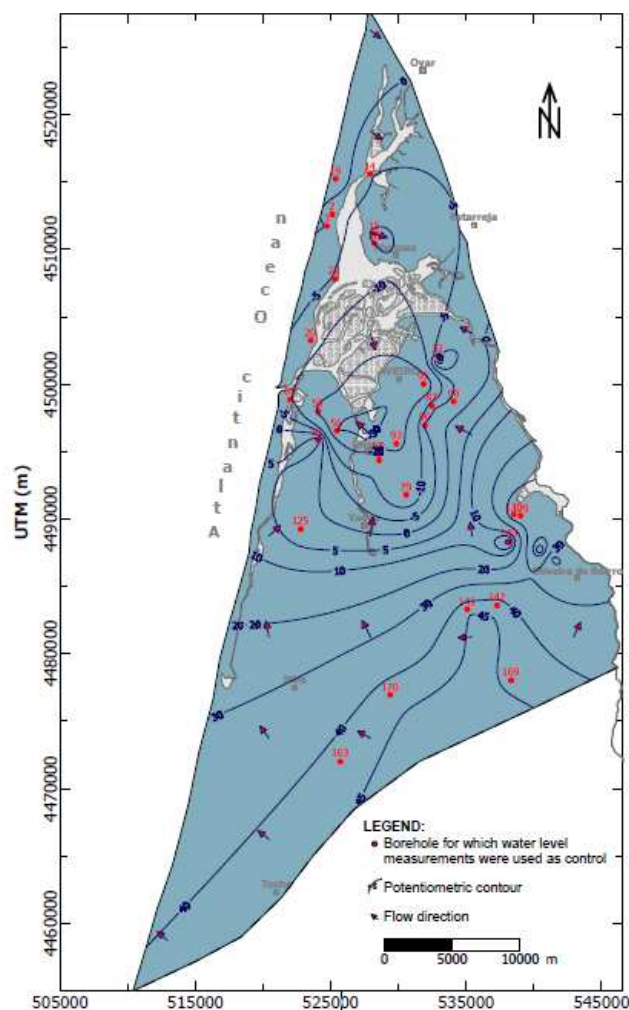
Para definir uma gestão racional a partir dos dados atuais disponíveis há que ter em conta os seguintes objetivos:

- Melhorar o conhecimento sobre a estrutura hidrogeológica do aquífero;
- Caracterizar os limites do aquífero;
- Quantificar a recarga natural para o aquífero usando várias técnicas de cálculo e avaliar a sua utilidade para a simulação de fluxo das águas subterrâneas à regional, verificando o efeito de ampliação em alguns sítios específicos de recarga, as repercussões para os valores regionais;
- Análise de um modelo de fluxo tridimensional com definição das áreas de recarga e descarga regionais e dos padrões de fluxo regionais das águas subterrâneas;
- Desenvolvimento de uma plataforma de gestão do(s) sistema(s) aquíferos).

### 5.1. Níveis piezométricos

A maior parte das variações regionais observadas nos níveis de águas subterrâneas é uma resposta a alterações nas taxas de recarga e dos volumes de água extraídos. O impacto de recarga é apenas observado nas captações localizadas na área de afloramento da formação aquífera, verificando-se uma recuperação dos níveis de água durante os meses de inverno. No resto da região constata-se um abaixamento dos níveis durante os meses de verão devido a um aumento da extração nesse período. Os níveis de água das captações localizadas ao longo da costa podem variar diariamente devido à influência das marés (Marques da Silva, 1990).

De acordo com a figura 5.1 podemos constatar que os níveis piezométricos mais elevados ocorrem na parte sudeste do aquífero perto área de recarga e até ao limite sul do aquífero. Verifica-se ainda a existência de uma grande depressão dos níveis e uma inversão do sentido do fluxo natural na área litoral entre Ílhavo, Aveiro e Cacia.

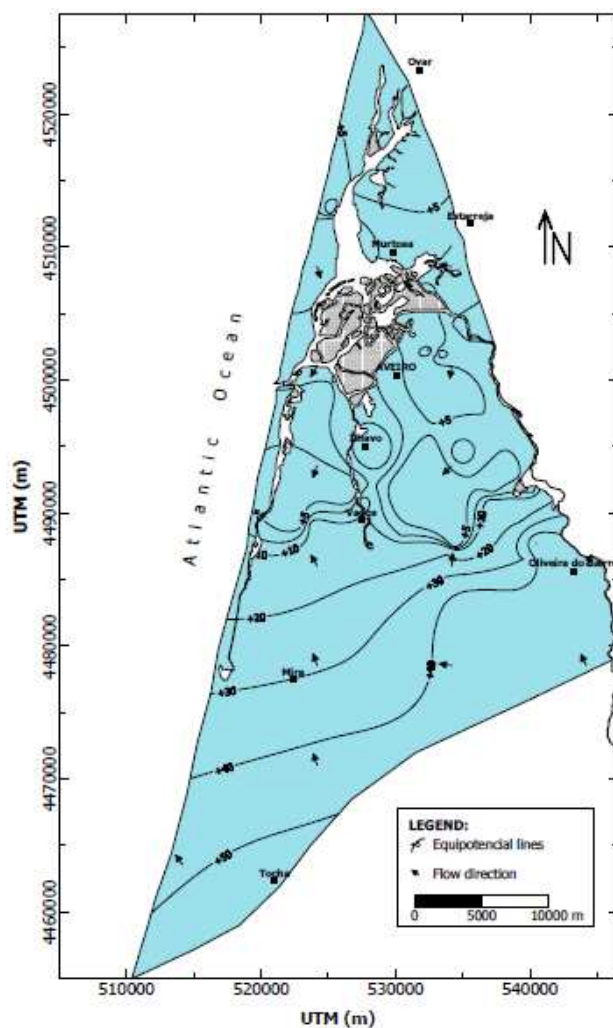


**Figura 5.1** - Valor do nível piezométrico na região de Aveiro referente ao aquífero Cretácico de Aveiro em junho de 2002. Os valores obtidos são medidos em relação ao nível médio do mar [Fonte: Melo 2002].

A distribuição de níveis de águas subterrâneas não mostra nenhuma contribuição significativa do rio Vouga para o sistema aquífero nem parecem indicar alguma contribuição da "Pateira de Fermentelos" localizada na parte leste da área de estudo. De acordo com a Barra (1998), a lagoa sobrepõe os arenitos do Triássico, e não as formações do Cretáceo. No entanto, eles têm um contacto lateral, de modo que é possível que, dependendo da altura do ano, a lagoa possa atuar como um limite recarga/descarga.

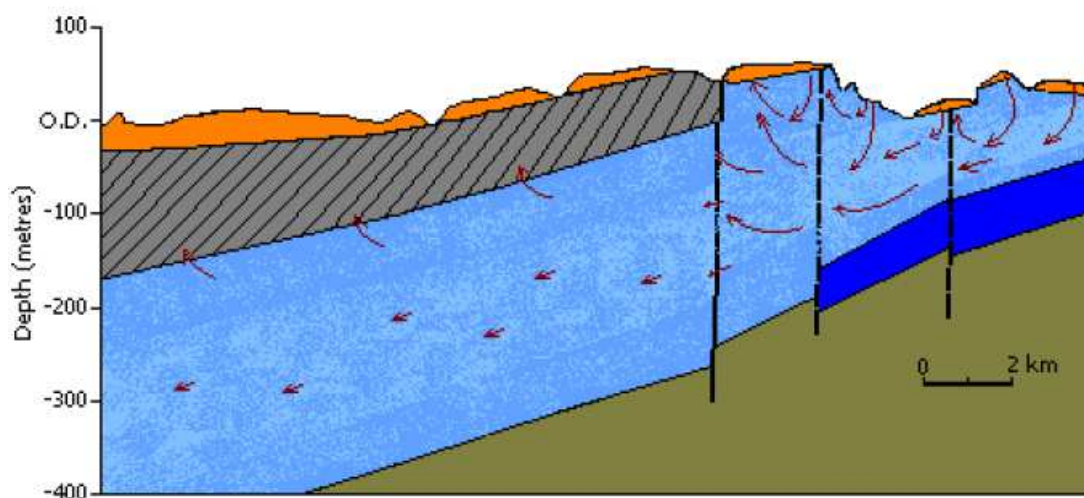
### 5.1.1. Regime natural

São vários os fatores que podem controlar o fluxo de água subterrânea regional nos sistemas aquíferos sob condições de pré-desenvolvimento (Williamson & Grubb, 1998). No caso do aquífero Cretácico de Aveiro os fatores mais importantes que foram considerados: (1) topografia, (2) afloramento e geometria dos aquíferos, zonas permeáveis, e as unidades de confinamento, (3) a variação das propriedades hidráulicas de aquíferos, zonas permeáveis, e as unidades de confinamento, e (4) os limites downdip do aquífero. Tendo em consideração esses fatores e também os níveis de água medidos nas primeiras captações, (dados de 1950) foi possível definir um mapa potenciométrico para a região de estudo, utilizando krigagem linear (Figura 5.2).



**Figura 5.2** - Superfície potenciométrica do aquífero Cretácico de Aveiro (definida com base em medições realizadas em 1950) usando krigagem linear [Fonte: Melo, 2002].

Os níveis piezométricos condicionam o fluxo de águas subterrâneas regionais (Fig. 5.3), que em condições naturais, será da área de recarga em direção ao mar, com um gradiente natural em torno de 0,0015 (Melo, 2002).



**Figura 5.3** - Diagrama demonstrativo do fluxo da água subterrânea na região [Fonte: Melo, 2002].

## 5.2. Recarga do Aquífero Cretácico

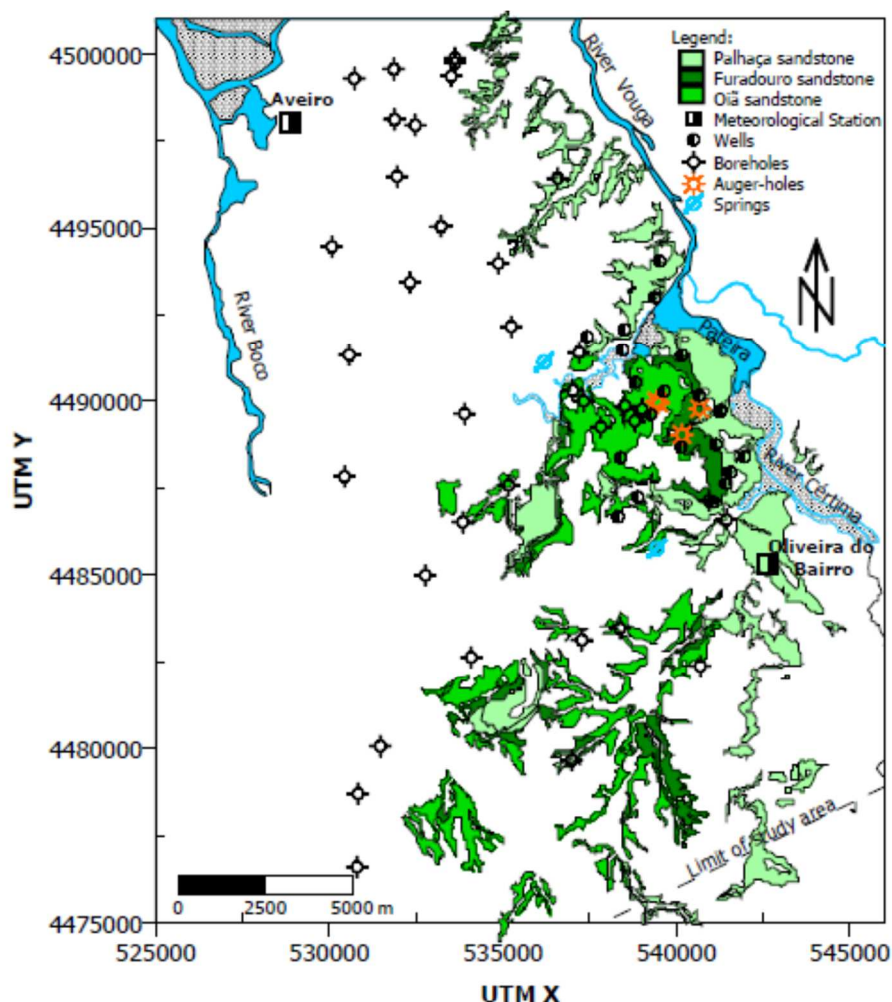
Para melhor definir um plano de gestão de recursos hídricos, é fundamental quantificar a recarga de água subterrânea e para isso cartografar a área de recarga do aquífero.

A recarga de um aquífero pode ser um processo natural ou artificial, como também pode ser classificado como direto ou indireto. Infiltração da chuva ou percolação da água adjacente são formas de recargas diretas e naturais. Já a recarga artificial pode ser feita através de construção de furos de água ou irrigação ou urbanização (Melo, 2002).

Em geral, recarga é definida como o fluxo descendente de água que, ao infiltrar, alcança o sistema aquífero, resultando em um volume adicional ao reservatório subterrâneo (Lerner et al., 1990).

### 5.2.1. Definição da área de recarga do aquífero Cretácico

A área de recarga do aquífero está localizada na parte leste da área de estudo, onde o aquífero não é confinado e onde é permeável, pois afloram os sedimentos do Cretácico (Figura 5.4).



**Figura 5.4** - Mapa da área de recarga do aquífero Cretácico, indicando área de afloramento do aquífero em verde [Fonte: Melo, 2002].

Esta área apresenta um relevo suave com altitudes inferiores a 60 m. A cobertura do solo é fina, consistindo principalmente em silte argiloso (Rogado, 1995). A cobertura vegetal é essencialmente composta de pinheiro e eucalipto estando lentamente a ser substituída por áreas industriais. A área é limitada a leste pelos rios Cértima e Vouga e pela lagoa da Pateira de Fermentelos. O limite sul é um

limite geoestrutural formado pela estrutura anticlinal Tocha-Febres-Mogofores, com orientação WSW-ENE. Para o oeste, as formações permeáveis são sobrepostas e confinadas pelas argilas de Aveiro que constituem o teto que confina todo o sistema na parte ocidental, incluindo o “off-shore”.

Os afloramentos permeáveis abrangem uma área restrita de cerca de 52 km<sup>2</sup> e são principalmente formados por sedimentos bastante homogêneos, da formação de arenito micáceo (Grés do Furadouro), a formação de arenito superior (Grés de Oiã) e a formação mais heterogênea de arenito (Grés da Palhaça) (Figura 5.4).

A formação carbonatada (Calcários da Mamarrosa), que também aflora na área de recarga, é de baixa permeabilidade, pelo que a área abrangida por esta formação não foi considerada para o cálculo da área de recarga do aquífero.

### 5.2.2. Balanço hídrico e cálculo da recarga subterrânea

Nos dias de hoje existem vários métodos para calcular a recarga, como por exemplo, a partir de furos piezométricos na zona de recarga, onde se determina os parâmetros físicos, ou através de métodos geoquímicos (usando métodos químicos e isotópicos) (Melo, 2002).

A quantificação da recarga requer o conhecimento profundo do complexo sistema da interação da água no meio não saturado e a elaboração de um modelo conceptual que represente adequadamente os principais processos físicos envolvidos (interação água-solo-vegetação). Por outro lado, na maioria das situações, os dados e informações disponíveis não são suficientes para a representação destes processos. Neste caso, a adoção de métodos mais complexos, que geralmente requerem um número elevado de informações e também campanhas de recolha de dados de campo, por vezes extremamente dispendiosas, podem não ser o caminho mais adequado. Portanto, a metodologia a ser utilizada deve considerar o balanço entre a razoável representação do modelo físico conceptual e a realidade dos dados disponíveis.

O valor da recarga pode ser quantificado por diversos métodos, que podem ser agrupados em duas grandes classes: (a) os que utilizam a equação de balanço hídrico no solo e (b) os que utilizam diretamente as variáveis hidrogeológicas.

Os métodos que se baseiam na equação de balanço hídrico consideram que a água que entra no aquífero é igual à quantidade que sai, mais ou menos a variação de volume de água que está armazenada. Na prática só algumas das componentes podem ser medidas diretamente, como por exemplo a precipitação, enquanto outras como a Evapotranspiração Real (ETR) e a Evapotranspiração Potencial (ETP) são calculadas. O valor do ETP pode também ser obtido diretamente caso a estação meteorológica tenha um lisímetro. Para a determinação de ETP são utilizadas fórmulas semi-empíricas como as de Thornthwaite, Turc, Hargreaves, Blaney- Criddle e Penman-Monteith, enquanto para a determinação dos valores de ETR é utilizado o método de Penman-Grindley.

Os métodos que utilizam diretamente as variáveis hidrogeológicas apoiam-se na flutuação do nível piezométrico e no balanço de cloretos.

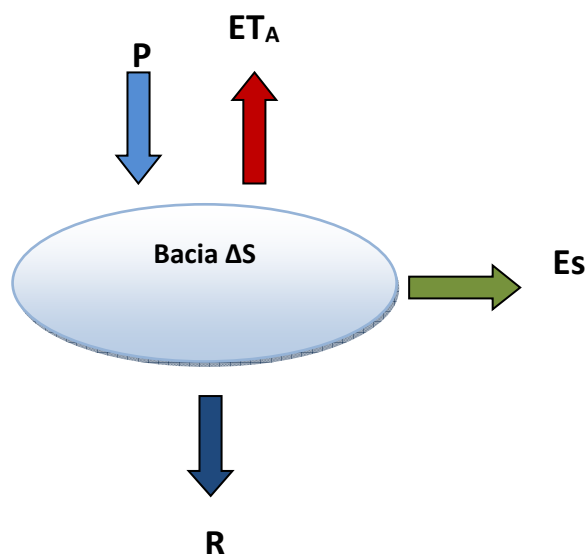
Neste trabalho utilizou-se a metodologia proposta na alínea (a) que se baseia no conceito de recarga potencial desenvolvido por Rushton (1988), definido como *“o volume de água que, após precipitação, se movimenta verticalmente abaixo da superfície do solo até alcançar a zona saturada, em decorrência do excesso da capacidade de armazenamento do solo”*. Nota-se que em muitas situações, o fluxo de água



que efetivamente irá atingir a zona saturada (recarga real) será menor que a recarga potencial, devido a efeitos locais como a presença de camadas com baixa condutividade hidráulica (Eilers, 2004).

O método proposto por Penman-Grindley (Penman, 1950; Grindley, 1967) é o mais convencional e amplamente utilizado para a estimativa de recarga. O método foi desenvolvido inicialmente para calcular a humidade do solo, défice real e evaporação, mas permite também o cálculo do valor da recarga como uma função da pluviosidade.

Quando a capacidade do campo é alcançada, o excesso de precipitação corresponde ao escoamento superficial e também à recarga subterrânea (Figura 5.5)



**Figura 5.5** - Esquema com as entradas e saídas de água que se têm em conta no cálculo do balanço hídrico.

No balanço hídrico do solo a recarga é estimada a partir da seguinte equação:

$$R = P - Es - ET_A \pm \Delta S \quad (1)$$

em que: R é a recarga; P é a precipitação; Es é o escoamento superficial;  $ET_A$  é a evapotranspiração atual;  $\Delta S$  é a variação do conteúdo de humidade no solo.

O conteúdo de humidade do solo tem como limite superior a capacidade de campo (CC) e inferior o valor 0. Entende-se aqui como capacidade de campo de um solo como o grau de humidade de um solo depois de perder toda a água gravítica.

Para calcular o valor de recarga com base na equação (1) necessitamos determinar o valor de ETR a partir dos valores de ETP. A relação entre ETR e ETP é função da interação do conteúdo de humidade do solo, da vegetação e das condições climáticas.

#### 5.2.2.1. Balanço Hídrico

Com base nos valores de 2012 registados na estação meteorológica (udográfica) da Universidade de Aveiro, foi possível calcular o balanço hídrico. Nos cálculos realizados foram utilizados os dados os valores médios da humidade relativa, da temperatura média do ar, da velocidade do vento, da evaporação e da pressão atmosférica registados na Estação Meteorológica da Universidade de Aveiro.

Os valores de evapotranspiração foram determinados indiretamente através dos métodos Thornthwaite e Turc. Os valores médios anuais de ETP calculados a partir das fórmulas Thornthwaite e Turc são 678 mm e 904 mm, respetivamente. Partindo do princípio que a quantidade de água armazenada para uso das plantas é igual a 100 mm e que a altura de água armazenada no início do período de cálculo em

outubro é nula, foi realizado um balanço hídrico sequencial para os dois valores de evapotranspiração potencial. No quadro 5.1 apresenta-se a comparação dos valores médios da ETP, calculados através dos três métodos diferentes.

**Quadro 5.1** – Balanço hídrico tendo em consideração os dados registados na Estação Meteorológica da Universidade de Aveiro.

MÊS	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Total
P (mm)	101.8	102.2	130.8	3.4	6.4	28.4	77.2	84.6	37.7	6.4	22.0	39.4	640.3
<b>Valores de ETP calculados pelo método Thornthwaite</b>													
ETP (mm)	69.2	37.7	34.8	23.6	22.2	47.7	50.7	89.6	87.4	27.6	96.2	91.2	677.9
P-ETP (mm)	32.6	64.5	96.0	-20.2	-15.8	-19.3	26.5	-5.0	-49.7	-21.2	-74.2	-51.8	-37.6
R ág. Plantas (mm)	32.6	97.1	100.0	79.8	64.0	44.7	71.2	66.2	16.5	0.0	0.0	0.0	
ΔR (mm)	32.6	64.5	2.9	-20.2	-15.8	-19.3	26.5	-5.0	-49.7	-16.5	0.0	0.0	0.0
ETR (mm)	69.2	37.7	34.8	3.4	22.2	47.7	50.7	89.6	87.4	22.9	22.0	39.4	527.0
Superávit H. (mm)	0.0	0.0	93.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.1
Deficit Hídrico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	74.2	51.8	130.7
<b>Valores de ETP calculados pelo método Turc</b>													
ETP (mm)	52.5	32.1	8.7	47.9	60.4	88.9	98.7	118.2	120.5	108.8	93.5	73.7	903.9
P-ETP (mm)	49.3	70.1	122.1	-44.5	-54.0	-60.5	-21.5	-33.6	-82.8	-102.4	-71.5	-34.3	-263.6
R ág. Plantas (mm)	49.3	100.0	100.0	55.5	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ΔR (mm)	49.3	50.7	0.0	-44.5	-54.0	-1.5	-21.5	-33.6	-82.8	-102.4	299.3	0.0	0.0
ETR (mm)	52.5	32.1	8.7	3.4	6.4	29.9	77.2	84.6	37.7	6.4	22.0	39.4	400.3
Superávit H. (mm)	0.0	19.4	122.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.5
Deficit Hídrico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.0	21.5	33.6	82.8	102.4	71.5	34.3	405.1

O cálculo da recarga no caso do aquífero Cretácico não é realista uma vez que este é um aquífero com palaeoáguas e com recargas modernas muito limitadas por condições estruturais, que limitam que essa água chegue à parte confinada do aquífero.

O confinamento do Cretácico tem a idade dos sedimentos margo-calcários que formam a unidade C5 (Cretácico). Os níveis no Cretácico até estão a recuperar em alguns piezómetros mas não por um fenómeno de recarga mas por redução da extração. E existem ainda níveis que até recuperam do verão para o inverno. Esta sazonalidade não é por recarga moderna.

A Agência Portuguesa do Ambiente no relatório anual sobre análise das massas de águas subterrâneas, descreve o seguinte: “Da aplicação dos critérios acima referidos para a definição do estado quantitativo das massas de águas subterrâneas, nomeadamente a comparação entre a disponibilidade hídrica média anual e o volume de extrações para um mesmo período de tempo (Quadro 5.2) pode-se concluir que a massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro se encontra em estado quantitativo medíocre”.

**Quadro 5.2** – Análise do estado quantitativo da massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro.

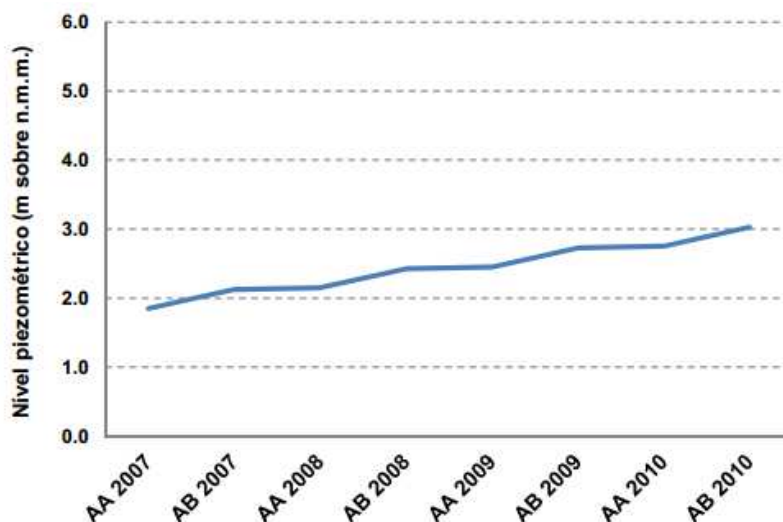
Massa de Água	Disponibilidade Hídrica Subterrânea (hm <sup>3</sup> /ano)	Volume Extrações (hm <sup>3</sup> /ano)	Taxa Média Anual de Captação (%)	Análise de tendências	Estado quantitativo
Cretácico de Aveiro (O2)	6,9	10,7	155	Sem tendência significativa	Medíocre

Como se verifica da análise do Quadro 5.2, o volume captado nesta massa de águas subterrâneas é superior ao valor médio da disponibilidade hídrica subterrânea anual. Esta questão toma especial



relevância devido ao facto de se tratar de um aquífero costeiro, sendo que o atual regime de exploração pode vir a potenciar o fenómeno da intrusão marinha, colocando em risco o bom estado químico atual desta massa de águas.

Da análise de tendências de evolução dos níveis piezométricos nos últimos quatro anos (Figura 5.6), conclui-se que, apesar de esta evidenciar uma ligeira subida do nível piezométrico regional não pode ser considerada uma tendência estatisticamente significativa.



**Figura 5.6** - Análise de tendências para a evolução do nível piezométrico na massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro (AA – corresponde ao 1º semestre do ano e AB – corresponde ao 2º semestre do ano).

Uma análise detalhada dos dados de piezometria indica que existem ainda diversos piezómetros localizados na parte central desta massa de águas subterrâneas, que apresentam níveis piezométricos sob o nível médio da água do mar, o que confirma o risco potencial de intrusão marinha.

Outros factos suportam a ideia da inexistência de recarga moderna no Cretácico:

- as águas do aquífero quaternário apresentam concentrações elevadas em  $\text{NO}_3$  e não se detectam concentrações de  $\text{NO}_3$  em águas da parte confinada do Cretácico;
- não são detetadas concentrações de trítio na parte confinada do Cretácico;
- os tempos médios de residência calculados para estas águas é de 18000 anos. Em 1994 um estudo hidrogeológico do aquífero Cretácico da região de Aveiro permitiu concluir que, na generalidade, as águas subterrâneas amostradas eram antigas, face à ausência de trítio e os valores determinados para a concentração em radiocarbono. Estes pareciam desenhar uma tendência que se traduz no aumento da idade da água subterrânea à medida que se caminha do interior para o litoral (Carreira, 1994). Esta tendência está de acordo com o sentido geral do fluxo subterrâneo em regime natural definido por métodos clássicos (Marques da Silva, 1990).

### 5.3. Desenvolvimento de uma plataforma de gestão

#### 5.3.1. Disponibilização e gestão da informação

Para definir uma gestão lógica a partir dos dados atuais disponíveis propõe-se o desenvolvimento de um sistema de informação que permita a gestão e proteção, o conhecimento e informação sobre a exploração do aquífero, captação, controle, proteção, usos. A plataforma de gestão do(s) sistema(s) aquífero(s) deverá incorporar uma base de dados dos furos e poços de captação permanentemente atualizada e que permita ao utilizador realizar a consulta simples ou complexa, pesquisa e preparação

de relatórios. Esta funcionalidade deve ser construída de forma a possibilitar a consulta por estudantes, empresas de captação, investigadores, gestores e decisores. Os módulos mais relevantes que devem integrar a base de dados são as seguintes:

### **Módulo 1 – Entrada de dados**

**(a) *Dados gerais:***

Informações gerais: nome; data de instalação; proprietário, uso de água; cota do terreno

Informações de localização - número do ponto, código, município e freguesia, coordenadas UTM e geográfica;

Situação; data e situação da obra;

**(b) *Dados de construção:***

Informação geral da perfuração - data de perfuração; nome do técnico responsável pela obra; tipo; com referência à profundidade inicial e final, e o diâmetro em polegadas e milímetros;

Informações de Revestimento - com a profundidade inicial e final, tipo e o diâmetro em polegadas e milímetros do revestimento; Informações com o posicionamento dos ralos (referência à profundidade inicial e final), tipo de ralo, abertura em milímetros, e o diâmetro em polegadas e milímetros;

Informações de cimentação com a profundidade inicial e final e informação sobre o preenchimento do espaço anular ou tampão;

**(c) *Dados geológicos:***

Informações de Litologia - indicando a profundidade inicial e final e a descrição dos diferentes intervalos litológicos; permeabilidade ou transmissividade

Informações de Estratigrafia com a profundidade inicial e final e a definição da unidade estratigráfica de cada intervalo;

**(d) *Dados hidrogeológicos:***

Informação(ões) do(s) Aquífero(s) - indicando o nome, porosidade, topo e base em metros, tipo e extensão;

**(e) *Dados de bombagem:***

Informações relativas ao Ensaio de Caudal, designadamente, a data do teste, tipo, unidade de bombagem, duração (h), método de interpretação, caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), surgência, níveis estático e dinâmico (m), rebaixamento (m), caudal específico ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ), coeficiente de armazenamento, permeabilidade (m/s), transmissividade ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), assim como os dados de recuperação;

**(f) *Dados de análises químicas:***

Informações de Análise Química - incluindo identificação do laboratório, responsável com o seu CRQ, características físicas e químicas, e análise bacteriológica.

**(g) *Dados de outros ensaios:***

Diagrafias; Video-inspecção.

### **Módulo 2 – Visualização dos Dados numa página Web**

**Módulo 3 – Análise e Interpretação dos Dados:** possibilitando com a informação disponibilizada efetuar o tratamento da imagem permitindo a construção de logs geológicos, a inclusão de dados geofísicos e de séries históricas assim como a visualização e tratamento de mapas temáticos

Esta plataforma poderá permitir também a monitorização do sistema aquífero, sendo necessário para isso ter uma rede de captações (e/ou piezómetros) para o acompanhamento dos níveis (para analisar o eventual efeito de maior e de menor exploração) e da respectiva qualidade (sendo necessário estabelecer uma periodicidade de análises da água).

### **5.3.2. Medidas versus Atitudes**

Paralelamente ao acompanhamento, gestão e exploração do aquífero é importante que sejam tomadas algumas medidas para a consciencialização do quanto é importante preservar este recurso:

- (a) Casas de particulares devem utilizar água da rede quando existir essa possibilidade;
- (b) Água para rega, principalmente para a atividade agrícola, deverá ser captada no aquífero Quaternário; no caso de não existir água suficiente para a necessidade, tentar recorrer a linhas de água próximas; em situações no caso de não haver outra solução a captação de água do aquífero Cretácico, só deverá ser autorizada desde que se assegure o isolamento superficial, evitando a infiltração de nitratos e outros contaminantes;
- (c) Sempre que é autorizada a construção de uma nova captação é exigido um estudo prévio do local, pelo que se deve realizar um levantamento dos furos existentes e se possível os seus caudais, níveis hidrodinâmico e estático;
- (d) a construção do furo deve respeitar as boas práticas, designadamente, a utilização de lamas adequadas para a perfuração, assegurar a boa higiene em todas as etapas de execução do furo, não deixar cair no furo óleo e outros resíduos, que possam prejudicar a boa qualidade da água a captar; garantir o isolamento das águas superficiais, com recurso a cimentação para além do compactonite; sempre que possível solicitar a videoinspeção no final da execução do furo, para verificar o isolamento, a colocação dos ralos, a profundidade do furo;
- (e) Na montagem da bomba, deve ser instalado um tubo piezométrico para medição dos níveis do furo a qualquer hora e também deverá ser instalado um caudalímetro para medição dos volumes extraídos de forma a permitir avaliar com exatidão o volume de exploração.

Algumas das medidas descritas anteriormente já são requisitos impostos pela Agência Portuguesa do Ambiente. Constata-se, no entanto, que as medidas agora mencionadas necessitam de ser explicadas de forma a evitar interpretações erradas e que podem muitas vezes levar o utente a contornar os deveres que lhe são imputados. A APA deve promover ações de divulgação de forma a explicar aos utentes a importância do aquífero Cretácico para desenvolvimento da região e para as gerações futuras.

## CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O estágio que realizei na Empresa Captágua – Empresa de Captação de Águas, durante o ano letivo 2012/2013, permitiu adquirir experiência no domínio das captações de água e dedicar uma atenção especial aos problemas e às contingências associadas à exploração deste aquífero sensível. Os principais aspetos decorrentes deste estágio foram expostos ao longo dos capítulos desta dissertação. Neste capítulo procura-se sintetizar as principais conclusões retiradas do estudo efetuado.

Com este estágio adquiri conhecimentos de hidrogeologia essenciais para poder um dia desempenhar estas funções de forma mais correta e ao mesmo tempo explicar esta atividade. Este estágio permitiu-me desenvolver os conceitos adquiridos nas aulas da Universidade, e simultaneamente no terreno, conjuntamente com os sondadores, adquirir a formação prática. **Uma vez que tirei o curso de Engenharia Geológica na Universidade de Aveiro e a que a Empresa Captágua tem sede nesta cidade, tomei a iniciativa de desenvolver o trabalho de dissertação tendo as águas subterrâneas da região de Aveiro, e em particular o aquífero Cretácico, como caso de estudo.**

A importância do aquífero Cretácico de Aveiro surge por ser o recurso de água mais importante na região de Aveiro, fornecendo água para as indústrias e atividades agrícolas. Estas atividades foram crescendo desde os anos 90 e, consequentemente, a necessidade levou à grande procura de águas subterrâneas.

No que concerne ao enquadramento geológico e às características dos materiais estudados, podemos salientar o seguinte:

Aveiro pertence à bacia hidrogeológica do Vouga, com cerca de 3685 km<sup>2</sup> de área. **Há menos de 1000 anos atrás, desenvolveu-se a Ria de Aveiro, originada pela deposição de aluviões, e que tem apresentado uma evolução muito dinâmica.** A região em estudo apresenta um clima temperado mediterrâneo e apesar do clima ser seco na altura do Verão, a precipitação nas estações de Outono e Inverno compensam. No enquadramento geológico, é notória a importância das formações do Cretácico e dos Depósitos Modernos, já que têm uma representatividade espacial importante.

A região de Aveiro apresenta dois grandes sistemas aquíferos, sendo o Quaternário mais superficial e o mais profundo o Cretácico. O sistema Quaternário por ser um sistema mais superficial e com várias conexões hidráulicas, apresenta alguns problemas resultantes da contaminação das águas. **O sistema multiaquífero Cretácico é um sistema confinado, constituído por sequências sedimentares do Cretácico inferior ao Cretácico superior.** Este aquífero tem água com melhor qualidade e não é afetado pela sazonalidade. Este multiaquífero ocupa 1800 km<sup>2</sup> da parte nordeste do Continente português e ao lado da plataforma continental é parte de uma sequência de espessura de sedimentos siliciclásticos principalmente depositados em ambiente fluvial, deltaicos ou marinhos rasos, condições deposicionais predominantemente de transição ou continentais.

Neste trabalho apresenta-se um capítulo (Capítulo 4) onde se desenvolve todos os aspetos mais relevantes para a boa construção de uma captação de água. Neste capítulo descrevem-se os procedimentos a ter em conta na planificação e execução de uma captação, aspetos estes que tive a oportunidade de acompanhar e de participar enquanto estagiária. Apresentam-se também os dados recolhidos dos furos executados nos sectores de Aveiro, Ílhavo, Vagos e Oliveira do Bairro, de forma a ilustrar alguns dos pontos mais relevantes.

A empresa escolhida para execução do furo deverá apresentar sempre os alvarás necessários para o mesmo. A captação deverá ser feita num local sem perturbar as captações já existentes e o meio

envolvente. Para a mesma deve-se ter em conta os diâmetros necessários para perfuração e o diâmetro do revestimento. É importante o preenchimento do espaço anelar, como o isolamento das águas superficiais. Um furo bem feito nunca deverá afetar (a nível de contaminação) os outros furos. No final da obra, é essencial um bom desenvolvimento do mesmo, e um ensaio de caudal, para um correto dimensionamento da bomba.

Com ajuda de dados de captações existentes é possível verificar que a zona onde os furos têm necessidade de maior profundidade é na Zona de Vagos, pois apresenta maior espessura das Argilas do Cretácico (sendo que esta espessura vai diminuindo para este). Apesar da informação ser reduzida existem dois pontos importantes a salientar: os níveis piezométricos não são profundos, e verifica-se um maior rebaixamento junto à zona costeira (onde existiram vários furos repuxantes). Os caudais verificados nos diversos furos são muito satisfatórios, sempre acima de 10 m<sup>3</sup>/h.

No Capítulo 5 procura-se apresentar um modelo de gestão deste aquífero. Tendo em consideração **a importância ambiental e social deste aquífero propõe-se a construção de uma plataforma de gestão do(s) sistema(s) aquíferos) que agregue toda a informação existente**. A base de dados dos furos e poços de captação deverá ser permanentemente atualizada e permitir ao utilizador realizar a consulta simples ou complexa, pesquisa e preparação de relatórios. Esta funcionalidade deve ser construída de forma a possibilitar a consulta por estudantes, empresas de captação, investigadores, gestores e decisores. A monitorização dos níveis piezométricos e da qualidade da água são dois aspetos da maior relevância.

Relativamente à recarga, verifica-se que não é possível efetuar o seu cálculo já que estamos na **presença de um aquífero com palaeoáguas e com recargas modernas muito limitadas por condições estruturais, e que limitam que essa água (que se determina por balanço) chegue à parte confinada do aquífero**. A informação geoquímica permite verificar que estamos em presença de águas com idades da ordem dos 18000 anos. **No entanto considera-se importante que a zona de recarga deste aquífero seja considerada como sensível e que as atividades a desenvolver nessa área tenham em consideração essa especificidade**.

## CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE – Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

ALMEIDA C., MENDONÇA J., JESUS M., GOMES A., 2000. Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Dep. Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

BARBOSA B., 1981. Carta Geológica de Portugal, 1/50000. Notícia explicativa da Folha 16-C, Vagos. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

BARRA A.J.P., 1998. Cartografia geológica dos depósitos Meso-Cenozóicos do sector Pateira de Fermentelos – Anadia (Aveiro): dados preliminares, Internal Report. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, 88 pp.

BOILLOT G., MALOD J.C., 1988 Évolution géologique de la marge Ouest-Ibérique. Ciências da Terra (UNL) 5, 215-222.

CARREIRA P.M., MONGE SOARES A.M., MARQUES DA SILVA M.A., PEIXINHO DE CRISTO F., GONFIANTINI R.P., 1994. Estudo do aquífero Cretácico de Aveiro – Através de técnicas Isotópicas- Resultados preliminares. Atas da IV Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente Vol. III, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova Lisboa.

CASTANY G., 1982. Principes et Méthodes de Hydrogéologie, Dunod, 1982, Paris.

CHOFFAT P., 1900. Recueil de monographies stratigraphiques sur le system crétacique du Portugal. Deuxième étude: Le Crétacique supérieur au Nord de Tage. Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal, 201-235.

CUSTODIO E., LLAMAS M.R., 1976. Hidrologia subterranea”, 1976, Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

DAVEAU S. (1985) - “Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos”, Memórias do Centro de Estudos Geográficos 7, Lisboa.

DIAS J.M., LOPES J.F., DEKEYSER I., 1999. Hydrological characterisation of Ria de Aveiro. Oceanologica Acta, Portugal, in early summer, 22 (5), 473-485.

EILERS V., 2004. Estimativa de recarga de águas subterrâneas utilizando o método do balanço hídrico. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

FERREIRA J.M., BRITO A., SILVA A.R., SAMPAIO J., TAVARES T., 2012. Manual de Boas Práticas para Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas Subterrâneas. Instituto Português da Qualidade, 79 pp. ISBN 978-972-763-132-2

FERREIRA P.L.O., 1995. Hidrogeologia do Quaternário da região Norte da Ria de Aveiro. Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal, 102 pp.

GRINDLEY J., 1967. The estimation of soil moisture deficits. Meteorological Magazine, 96, 97-108.

INAG (2005)

LAUVERJAT J., 1982. Le Crétacé Supérieur dans le Nord du Bassin Occidental Portugais. Thèse Doctorat d'État en Sciences Naturelles. Université Pierre et M. Curie, Paris, 717 pp.

LENCASTRE A., FRANCO F., 2006. Lições de Hidrologia. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Caparica.

LERNER D.N., ISSAR A.S., Simmers I., 1990. Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. International Contributions to Hydrogeology, Vol. 8. International Association of Hydrogeologists, Verlag Heinz Heise.

MANUPPELLA G., SOARES F., ROCHA R., 1976. Carta Geológica de Portugal, esc.1/50000, Folha 19-C Figueira da Foz. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

MARQUES DA SILVA M.A., 1990. Hidrogeologia del Sistema Multiacuífero Cretácico del Bajo Vouga – Aveiro, Portugal. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Geologia, Universidade de Barcelona, Barcelona (Espanha).

MARQUES DA SILVA M.A., 1992. Camadas Guia do Cretácico de Aveiro e sua importância Hidrogeológica. Geociências, Revista da Universidade de Aveiro, Vol. 7, fase (1-2), 110-124.

- MELO M.T.C., 2002. Modelo matemático de fluxo e transporte de massa do sistema multiaquífero Cretácico da região de Aveiro. Dissertação de Doutoramento, Departamento Geociências, Universidade de Aveiro.
- MELO M.T.C., MARQUES DA SILVA M.A., EDMUNDS W.M., 1998. Evolução hidrogeoquímica do Sistema multiaquífero Cretácico do Baixo Vouga – Aveiro, Portugal. 4º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- PEIXINHO DE CRISTO F., 1985. Estudo Hidrogeológico do Sistema Aquífero do Baixo Vouga. Direção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Divisão de Geohidrologia. Coimbra.
- PENMAN H.L., 1950. The water balance of the Stour catchment area. *Jounal Inst. Water Eng.*, 4, 457-469.
- REZENDE J.V., 1944. Monografia da Gafanha. Instituto para a Alta Cultura. Reedição Fac-Similada pela Câmara Municipal de Ílhavo, 365 pp.
- RIBEIRO A., ANTUNES M.T., FERREIRA M.P., ROCHA R.B., SOARES A.F., ZBYSZEWSKI G., MOITINHO DE ALMEIDA F., CARVALHO D., MONTEIRO J.H., 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 114 pp.
- RIBEIRO L., 2009. Gestão integrada de Bacias Hidrográficas. Instituto Superior Técnico.
- RNDSJ (Reserva Natural Dunas de S. Jacinto), Ria de Aveiro, 2002. World Wide Web Address: <http://camarinha.aveiro-digital.net/ria001.htm>.
- ROCHA F., GOMES C., 1991. Litoestratigrafia das formações cretácicas da região da “Ria de Aveiro”. Contribuição dos estudos químicos e mineralógicos relativos às frações argilosas dos sedimentos. *Geociências, Universidade Aveiro*, 6 (1.2), 47-58.
- ROCHA F.J.F.T., 1993. Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na bacia sedimentar de Aveiro. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Aveiro, Aveiro, 399 pp.
- ROCHA R., MANUPPELLA G., MOUTERDE R., ZBYSZEWSKI, G., 1981. Carta Geológica de Portugal na Escala de 1/50 000 e Notícia Explicativa da Folha 19-C Figueira da Foz. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 126pp.
- ROCHA F.J.F.T., 1996. A importância das argilas na análise das bacias sedimentares. Seminário sobre lagunas costeiras e Ilhas-Barreira da zona costeira de Portugal, EUROCOAST-Portugal/Universidade de Aveiro.
- ROGADO N., 1995. Solos do Baixo Vouga de origem aluvionar. Direção Regional da Agricultura da Beira Litoral, Coimbra, 55 pp
- RUSHTON K., 1997. Recharge from permanent water bodies. In: Simmers (ed). *Recharge of phreatic aquifers in semi(arid) areas*. A.A. Balkema, Rotterdam, 215-255 pp.
- SANTOS F.D., MIRANDA, P., 2006. Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projeto SIAM II. Gradiva, Lisboa.
- SARAIVA M.P.S., BARRADAS J., MARQUES DA SILVA M.A., 1983. Aquífero Cretácico de Aveiro - subsídios para a sua caracterização hidrogeológica. *Hidrogeologia y Recursos Hidráulicos*, VII, AEHS, Madrid, 41-49 pp.
- SIMÕES M., OLIVEIRA M., CARVALHO M., MONTEIRO J., MEDEIROS A., COELHO P., 2013. Avaliação do estado químico da massa de águas subterrâneas do Quaternário de Aveiro. 9º Seminário sobre Águas Subterrâneas, APRH, Lisboa.
- SOARES A.F., 1966. Estudo das formações pos-jurássicas da região de entre Sargento-Mor e Montemor-o-Velho. *Memórias e Notícias*. Publicação do Museu Laboratório Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra, 62.
- Soares et al., 1982
- TEIXEIRA C., ZBYSZEWSKI G., 1976. Carta Geológica de Portugal, 1/50000. Notícia explicativa da folha 16-A. Serviços Geológicos de Portugal.
- TEIXEIRA C., 1979. Plio-Plistocénico de Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, t. LXV, Lisboa, 35-46.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Laboratory of Climatology Publication 10*, Centerton, NJ, EUA.



WILLIAMSON A.K., GRUBB H.F., 1998. Ground-water flow in Gulf Coast aquifer systems, South-Central United States. U.S. Geological Survey Professional, Paper 1416-F, 173 pp.

**Websites consultados:**

<http://www.apambiente.pt/>

<http://www.inag.pt/>

<http://www.captagua.pt/>

<http://www.igeoe.pt/>

[http://www.pinhol.com.pt/fotos/editor2/carbdin\\_2012\\_.pdf](http://www.pinhol.com.pt/fotos/editor2/carbdin_2012_.pdf), (pág.8)

<http://welldrillingschool.com/courses/pdf/WellDevelopment.pdf>

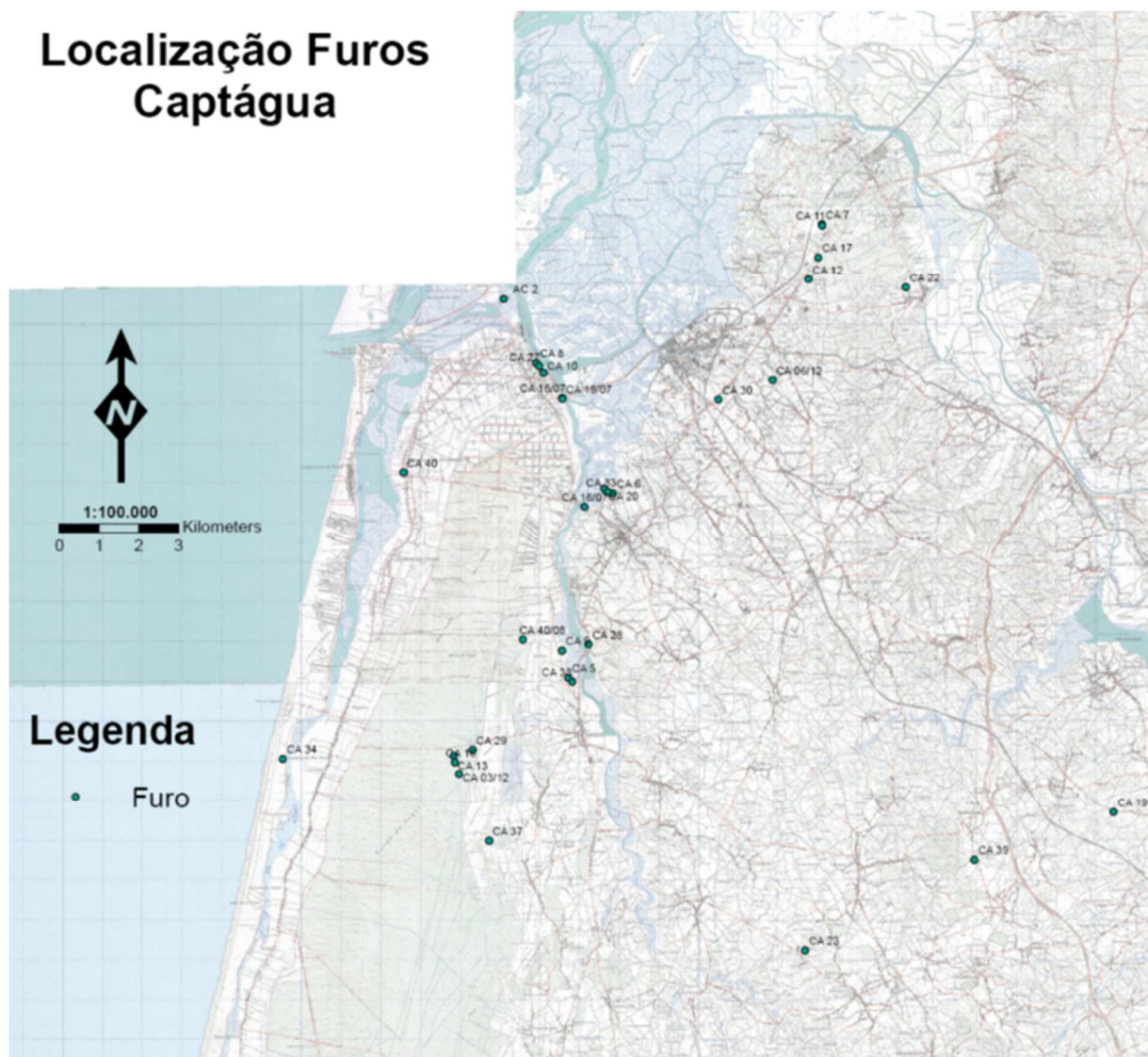


## ANEXOS



## Anexo 1

## Localização Furos Captágua





## Anexo 2 – Informações Sobre os furos de captação de água

### Sector de Vagos

Informações relativas ao Furo CA 5			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Lugar de Cardais	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 153 200		P – 400 060
Trabalho realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	210	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	210	160	
Tubos ralos	163 – 203	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 14,00h)		
Nível hidroestático (m)	8		
Nível hidrodinâmico (m)	46 (nível não estabilizado)		
Caudal (m³/h)	9		

Nota: Neste ensaio foi realizado com uma bomba submersível. O nível hidrodinâmico não estabilizou, portanto não é conhecido o nível deste furo. O Aquífero captado foi o Cretácico - Formação Grés médio e Grés argiloso acinzentado com alternâncias de argilas vermelhas.

Informações relativas ao Furo CA 9			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Lugar de Cardais	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 153 050		P – 400 750
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	220	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	220	140	
Tubos ralos	180–214	140	Ranhuras verticais
Avaliado através	Bomba submersível (durante 14,00h)		
Nível hidroestático (m)	6		
Nível hidrodinâmico (m)	55		
Caudal (m³/h)	9		

Nota: Neste ensaio foi realizado com uma bomba submersível (retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha). Por isso, nada invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio rosado, grés pouco argiloso avermelhado e grés médio acastanhado.

Informações relativas ao Furo CA 13			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	ZI de Vagos	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 150 300		P – 398 140
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	265	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	263	140	
Tubos ralos	230–260	140	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	6		
Nível hidrodinâmico (m)	40		
Caudal (m³/h)	10		

Nota: Este ensaio foi realizado com o processo “airlift”. Este tipo de limpeza é o mais adequado para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é diretamente exercida sobre a tubagem do furo. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro acastanhado.



Informações relativas ao Furo CA 14			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Moita	Covão do Lobo	Vagos
Coordenadas	M – 155 730		P – 385 920
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	215	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	140	215	
Tubos ralos	186–210	140	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 10,00h)		
Nível hidroestático (m)	23		
Nível hidrodinâmico (m)	32		
Caudal (m³/h)	5		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação grés argiloso acinzentado e grés médio avermelhado.

Informações relativas ao Furo CA 16			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Zona Industrial de Vagos	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 150 330		P – 397 970
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	265	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	140	215	
Tubos ralos	220–265	140	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	11		
Nível hidrodinâmico (m)	34		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com o processo “airlift”. Este tipo de limpeza é o mais adequado para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é diretamente exercida sobre a tubagem do furo. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro acastanhado

Informações relativas ao Furo CA 29			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Zona Industrial de Vagos	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 150 770		P – 398 280
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	265	300	PVC classe 10 roscado
Revestimento	263	160	
Tubos ralos	225–227 237–252 257 -263	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	8		
Nível hidrodinâmico (m)	46 / 30		
Caudal (m³/h)	14 / 9		

Nota: Este ensaio foi realizado com o processo “airlift”. Este tipo de limpeza é o mais adequado para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é diretamente exercida sobre a tubagem do furo. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro acastanhado

Informações relativas ao Furo CA 34			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Praia da Vagueira	Gafanha da Boa Hora	Vagos
Coordenadas	M – 145 990		P – 398 100
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	336	250	PVC classe 16 roscado
Revestimento	336	140	
Tubos ralos	304.5–305.2 312.4–314 316.5 -319.2	140	Ranhras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 8,00h)		
Nível hidroestático (m)	A mais de 7 metros do solo (furo repuxante)		
Nível hidrodinâmico (m)	2		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro. Foi feita uma análise físico-química à água do furo, na data 20.04.2002, na qual é possível medir um valor de pH de 7,9 (valor um pouco elevado). As concentrações em bicarbonatos e cloretos são semelhantes, 142 mg/L e 115 mg/L, respetivamente. Relativamente aos catiões as concentrações em sódio são as mais elevadas pelo que de acordo com a classificação de Piper podemos classificar a fácies hidroquímica da água como Bicarbonatada Cloretada Sódica.

Informações relativas ao Furo CA 37			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Azenha da Loureira	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 151 160		P – 395 980
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	260	250	PVC classe 10 roscado, com ralos de ranhuras verticais
Revestimento	260	140	
Tubos ralos	225.6 - 226.6 233.3– 235.5 237.3 -239.5 242.3 -246.7 251.4 – 253.7	140	Ranhras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 10,00h)		
Nível hidroestático (m)	12		
Nível hidrodinâmico (m)	65		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro.

Informações relativas ao Furo CA 38			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Rua Dr João Rocha	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 153 300		P – 399 960
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	220	250	PVC classe 10 roscado, com ralos de ranhuras verticais
Revestimento	217	140	
Tubos ralos	196.5 - 197.6 206 - 208.3 212.4 -215	140	Ranhras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	18		
Nível hidrodinâmico (m)	62		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro.

Informações relativas ao Furo CA 40/08			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Crasta das Paredes	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 152073		P – 401037
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	250	270	PVC Georoscado
Revestimento	247	140	
Tubos ralos	168 – 174 180 – 186 192 – 198 204 – 210 228 – 234	140	PVC Georoscado Estriado com slot 1mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema limpeza direto		
Nível hidroestático (m)	37		
Nível hidrodinâmico (m)	30		
Caudal (m³/h)	10		

O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés médio a grosseiro.

Informações relativas ao Furo CA 03/12			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Zona Industrial de Vagos	Vagos	Vagos
Coordenadas	M – 150429		P – 397671
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	20	270	PVC Georoscado
Revestimento	20	140	
Tubos ralos	11 – 20	140	PVC Georoscado Estriado com slot 1mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema limpeza direto		
Nível hidroestático (m)	3		
Nível hidrodinâmico (m)	10		
Caudal (m³/h)	28		

O Aquífero captado foi o Quaternário - formações areia grossa e fina. Nota: Água com muito ferro e cheiro.

## Sector de Ílhavo

Informações relativas ao Furo CA 2 (Ano 2007)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Porto de Aveiro	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 552 200		P – 4500650
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	295	350	PVC Georoscado DIN 4925
Revestimento	265	Dos 0 aos 100 m, 200mm; dos 100 aos 265 m, 165mm	
Tubos ralos	213 – 223 227 – 229 238 – 243 244 – 246 247 – 249 250 – 254	165	Georoscado estriado Slot 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	18,3		
Nível hidrodinâmico (m)	24,2		
Caudal (m³/h)	43		

Nota: Neste furo realizou-se diagrfias que permitiram o posicionamento dos ralos. No final do furo foi realizado um ensaio escalonado de caudal, (a variar de 37.5 m³/h a 43 m³/h), verificando-se um rebaixamento máximo de 5,9 metros. O Aquífero captado foi o Cretácico - formações Grés médio a grosseiro.

Informações relativas ao Furo CA 6			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Lugar de Bolho – Malhada	S. Salvador	Ílhavo
Coordenadas	M – 154 370		P – 404 700
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	224	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	224	160	
Tubos ralos	180 - 220	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 16,00h)		
Nível hidroestático (m)	28		
Nível hidrodinâmico (m)	53		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formações Grés grosseiro por vezes argiloso, acinzentado e areia média, acastanhada.

Informações relativas ao Furo CA 8			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Cais dos Bacalhoeiros	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 152 470		P – 408 000
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	220	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	220	Dos 0 aos 120 m 200mm, dos 120 m aos 220 m 160 mm	
Tubos ralos	185 - 215	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	37		
Nível hidrodinâmico (m)	63		
Caudal (m³/h)	23		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental - Grés grosseiros e argilosos avermelhados.

Informações relativas ao Furo CA 10			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Lugar da Chave	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 152 650		P – 407 750
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	215	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	215	140	
Tubos ralos	170 – 209	140	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	35		
Nível hidrodinâmico (m)	70		
Caudal (m³/h)	11		

Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formação Grés grosseiro e argiloso acinzentado.

Informações relativas ao Furo CA 20			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Lugar de Bolho – Malhada	S. Salvador	Ílhavo
Coordenadas	M – 154 160		P – 404 820
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	220	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	220	140	
Tubos ralos	170 – 180	140	Ranhuras verticais
	190 – 214		
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	32		
Nível hidrodinâmico (m)	48		
Caudal (m³/h)	11		

Nota: Este ensaio foi realizado com o processo “airlift”. Este tipo de limpeza é a mais indicada para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é diretamente exercida sobre a tubagem do furo. O caudal retirado é condicionado pelo diâmetro da tubagem utilizada. O Aquífero captado foi o Cretácico - formações areia média acastanhada e Grés cinzento com passagens algo argilosas.

Informações relativas ao Furo CA 27			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Cais dos Bacalhoeiros	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 152 540		P – 407 920
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	230	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	230	Dos 0 aos 120 m 200mm, dos 120 m aos 230 m 160 mm	
Tubos ralos	188 - 211	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	27		
Nível hidrodinâmico (m)	65		
Caudal (m³/h)	20		

Nota: Este ensaio foi realizado com bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico - formações Grés médios a grosseiros rosados.

Informações relativas ao Furo CA 28			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Ponte d'Água Fria	S. Salvador	Ílhavo
Coordenadas	M – 153 720		P – 400 900
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	200	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	200	140	
Tubos ralos	190 - 198	140	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	19		
Nível hidrodinâmico (m)	46		
Caudal (m³/h)	12		

Nota: Este ensaio foi feito com o processo “airlift”, este tipo de limpeza é a mais indicada para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é diretamente exercida sobre a tubagem do furo, como também para conhecer o nível hidrodinâmico, no entanto, o caudal retirado vai estar restrito ao diâmetro de tubagem utilizado. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés médios a grosseiros rosados.

Informações relativas ao Furo CA33			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Bolho	S. Salvador	Ílhavo
Coordenadas	M – 154 240		P – 404 740
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	220	300	PVC classe 10 roscado
Revestimento	220	160	
Tubos ralos	186 – 190.5 206 – 211	160	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	38		
Nível hidrodinâmico (m)	60		
Caudal (m³/h)	9.8		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés médios a grosseiros.

Informações relativas ao Furo CA40			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Rua da Seca	Gafanha da Encarnação	Ílhavo
Coordenadas	M – 149 100		P – 405 280
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	243	300	PVC classe 10 roscado
Revestimento	243	Dos 0 aos 120 m 180mm, dos 120 m aos 243 m 160 mm	
Tubos ralos	218.5 – 223 228 – 234.5	160	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	6		
Nível hidrodinâmico (m)	19		
Caudal (m³/h)	14		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés finos, médios e grosseiros.

Informações relativas ao Furo CA 2/07 (Ano 2007)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Gafanha da Nazaré	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 525100,52		P – 4500619,17
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	330	270	PVC Georoscado
Revestimento	285	140	
Tubos ralos	138 – 144 168 – 174 204 – 216 246 – 249	140	Georoscado estriado Slot 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema direto com compressor (6 horas)		
Nível hidroestático (m)	20		
Nível hidrodinâmico (m)	50		
Caudal (m³/h)	20		

Nota: Foi realizado um ensaio escalonado de caudal (3 escalões seguidos com uma duração de 3 horas cada, um primeiro a retirar um caudal de 10 m³/h, um segundo a retirar 15 m³/h e um terceiro 21.5 m³/h). No final de cada escalão os valores do nível da água eram 26.8 m, 29.1 m e 30.5 m, respetivamente. O Aquífero captado foi o Cretácico - formações areias médias e finas.

Informações relativas ao Furo CA 16/07 (Ano 2007)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Cais dos Bacalhoeiros	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 153 649		P – 404 370
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	250	Dos 0 aos 110 m, 330mm; dos 110 m aos 250 m, 270mm	PVC Georoscado
Revestimento	250	Dos 0 aos 100 m, 200mm, dos 100 m aos 250 m, 140 mm	
Tubos ralos	180 – 186 210 – 216 242 – 248	140	Georoscado estriado Slot 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema direto com compressor (5 horas)		
Nível hidroestático (m)	28		
Nível hidrodinâmico (m)	100		
Caudal (m³/h)	30		

O Aquífero captado foi o Cretácico - formações de areias médias a finas.

Informações relativas ao Furo CA 18/07 (ano 2007)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Avenida Pedro Álvares Cabral	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 153 108		P – 407 112
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	280	Dos 0 aos 110 m, 330 mm; dos 110 aos 280 m, 270 mm	PVC Georoscado
Revestimento	280	Dos 0 aos 100 m, 200mm, dos 100 m aos 280 m, 140 mm	
Tubos ralos	195 – 201 225 – 231 243 – 249 255 – 261	140	Georoscado estriado Slot 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema direto com compressor (5 horas)		
Nível hidroestático (m)	28		
Nível hidrodinâmico (m)	50		
Caudal (m³/h)	30		



Informações relativas ao Furo CA 19/07 ( Ano 2007)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Avenida Pedro Álvares Cabral	Gafanha da Nazaré	Ílhavo
Coordenadas	M – 153 120		P – 407 096
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	250	Dos 0 aos 110 m, 330mm; dos 110 aos 250 m, 270mm	PVC Georoscado
Revestimento	250	Dos 0 aos 100 m, 200mm, dos 100 maos 250 m, 140 mm	
Tubos ralos	195 – 201 230 – 236 242 – 248	140	Georoscado estriado Slot 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema direto com compressor (5 horas)		
Nível hidroestático (m)	28		
Nível hidrodinâmico (m)	80		
Caudal (m³/h)	36		

O Aquífero captado foi o Cretácico - formações de areias médias a finas.

Informações relativas ao Furo CA 08/11			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Vista Alegre - Ílhavo	Ílhavo	Ílhavo
Coordenadas	M –		P –
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	290		Ferro
Revestimento	290		
Tubos ralos			
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema com sistema “Airlift”		
Nível hidroestático (m)	20		
Nível hidrodinâmico (m)	90		
Caudal (m³/h)	45		

Após a limpeza o furo recuperou em 20 minutos.

## Sector de Aveiro

Informações relativas ao Furo CA 7			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Estrada de Cacia	Cacia	Aveiro
Coordenadas	M – 159 700		P – 411 440
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	140	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	130	Dos 0 aos 81 m 200mm, dos 81 m aos 130 m 160 mm	
Tubos ralos	90 – 120	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	36		
Nível hidrodinâmico (m)	75		
Caudal (m³/h)	17		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações de areias médias a finas.

Informações relativas ao Furo CA 11			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Estrada de Cacia	Cacia	Aveiro
Coordenadas	M – 159 710		P – 411 410
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	140	315	PVC classe 10 roscado
Revestimento	132	Dos 0 aos 84 m 250mm, dos 84 m aos 132 m 160 mm	
Tubos ralos	90 – 124	160	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	37,5		
Nível hidrodinâmico (m)	60		
Caudal (m³/h)	12		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações de areias médias a finas.

Informações relativas ao Furo CA 12			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Quinta do Simão	Esgueira	Aveiro
Coordenadas	M – 159 350		P – 410 050
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	110	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	110	140	
Tubos ralos	80 – 04	140	Ranhuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	32		
Nível hidrodinâmico (m)	46		
Caudal (m³/h)	6		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações de grés médio compacto e areia argilosa.

Informações relativas ao Furo CA 17			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Ervideiros – Monte Cacia	Cacia	Aveiro
Coordenadas	M – 159 600		P – 410 600
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	126	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	116	140	
Tubos ralos	76 – 82	140	Ranuras verticais
	92 – 98		
	108 – 114		
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	24		
Nível hidrodinâmico (m)	58		
Caudal (m³/h)	8		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações de grés médio e grosseiro acinzentado e avermelhado.

Informações relativas ao Furo CA 22			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Taboeira	Esgueira	Aveiro
Coordenadas	M – 161 800		P – 409 820
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	60	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	60	140	
Tubos ralos	33 – 39 46 – 51	140	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 10,00h)		
Nível hidroestático (m)	18		
Nível hidrodinâmico (m)	34		
Caudal (m³/h)	4.8		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações de areias média

Informações relativas ao Furo CA 30			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	E.N. 109	Glória	Aveiro
Coordenadas	M – 157 050		P – 407 040
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	178	300	PVC classe 10 roscado
Revestimento	176	160	
Tubos ralos	153.1 – 155.8 168 – 171	160	Ranuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	39		
Nível hidrodinâmico (m)	96 / 82		
Caudal (m³/h)	10.5 / 7.2		

Nota: Este ensaio foi feito com o processo airlift, este tipo de limpeza é a mais indicada para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é directamente exercida sobre a tubagem do furo, como também para conhecer o nível hidrodinâmico, no entanto, o caudal retirado vai estar restrito ao diâmetro de tubagem utilizado. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés médios a grosseiros.

Informações relativas ao Furo CA 06/12 (2012 – AdRa)			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Quinta do Gato	Esgueira	Aveiro
Coordenadas	M – 158 420		P – 407 512
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	237	500	PVC SBF DN 300 de acordo com Norma DIN 4925
Revestimento	229	330 x 14.5 mm	
Tubos ralos	126 – 131	330 x 14.5 mm	PVC SBF com Slot de 1 mm
	135 – 137		
	152 – 157		
	175 – 180		
	185 – 189		
	195 – 197		
	200 – 205		
	210 – 217		
220 – 229			
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	45		
Nível hidrodinâmico (m)	100		
Caudal (m³/h)	167		

A sondagem capta o Sistema Aquífero do Cretácico de Aveiro (O2), pelos Grés grosseiros inferiores. Foi realizado diagrfias neste furo, como também ensaio de caudal e análises à água. A água qualificada como boa qualidade.

### Área de Oliveira do Bairro

Informações relativas ao Furo CA 19			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Quinta dos Duartes	Oiã	Oliveira do Bairro
Coordenadas	M – 166 900		P – 396 550
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	68	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	68	140	
Tubos ralos	49-67	140	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	22		
Nível hidrodinâmico (m)	58		
Caudal (m³/h)	1.1		

Nota: Este ensaio foi feito com o processo airlift, este tipo de limpeza é a mais indicada para manter a segurança no furo, pois a pressão do ar não é directamente exercida sobre a tubagem do furo, como também para conhecer o nível hidrodinâmico, no entanto, o caudal retirado vai estar restrito ao diâmetro de tubagem utilizado. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés de grão grosseiro e médio.

Informações relativas ao Furo CA 23			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Vale dos Cuques	Bustos	Oliveira do Bairro
Coordenadas	M – 159 100		P – 393 150
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	180	250	PVC classe 10 roscado
Revestimento	180	140	
Tubos ralos	155 - 169	140	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 12,00h)		
Nível hidroestático (m)	9,5		
Nível hidrodinâmico (m)	58		
Caudal (m³/h)	9		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações areia média e grés médio rosa.

Informações relativas ao Furo CA 39			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Carro Quebrado	Oiã	Oliveira do Bairro
Coordenadas	M – 163 380		P – 395 380
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	60	215	PVC classe 10 roscado
Revestimento	60	140	
Tubos ralos	31-49	160	Ranhurais verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível (durante 14,00h)		
Nível hidroestático (m)	7		
Nível hidrodinâmico (m)	25		
Caudal (m³/h)	6		

Nota: Neste ensaio feito com a bomba submersível, retirou-se a capacidade máxima de água que a bomba instalada tinha. Por isso, não invalida que este furo tenha uma capacidade muito superior e mantendo um nível dinâmico semelhante. O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações Grés de grão grosseiro e médio.

Informações relativas ao Furo CAP01_OBR			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Mamarrosa	Troviscal	Oliveira do Bairro
Coordenadas	M – 161 512,43		P – 390 785,37
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	184	550	PVC SBF DN 300 de acordo com Norma DIN 4925
Revestimento	173	330 x 14.5 mm	
Tubos ralos	94-98; 116 – 119; 123- 116 123 128 141 158 165 A (mt) 98 119 157 138 155 160 168	330 x 14.5 mm	PVC SBF com Slot de 1 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Sistema “airlift” com compressor		
Nível hidroestático (m)	11,5		
Nível hidrodinâmico (m)	168		
Caudal (m³/h)	15		

O Aquífero captado foi o Cretácico, da Orla Ocidental, pelas formações grés médio

## ADRA

Informações relativas ao Furo AC4			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	-	-	Aveiro
Coordenadas	M – 158 430		P – 402 890
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	260,3	1100 e 670	Aço norma DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	239	Dos 0 aos 80 m, igual 14” e dos 80 aos 239 m, igual 8”	
Tubos ralos	111,5 – 113,5 115,5 – 117,5 120,5 – 123,5 126,5 – 129,5 133,5 – 136,5 146,0 – 149,0 151,0 – 153,0 162,5 – 165,5 168,5 – 170,5 175,0 -178,0 180,0 – 182,5 191,0 – 193,0 199,5 – 202,5 207,0 – 209,0 212,5 – 214,5 222,0 – 225,0 232,0 – 235,0	8”	Ranuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	56		
Nível hidrodinâmico (m)	63,5		
Caudal (m³/h)	90		

Informações relativas ao Furo AC5			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
			Aveiro
Coordenadas	M – 158 840		P – 402 830
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	255,20	1100 e 670	Aço norma DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	247,5	Dos 0 aos 80 m, igual 14” e dos 80 aos 239 m, igual 8”	
Tubos ralos	112,5 – 113,5 115,0 – 117,0 119,0 – 121,0 124,0 – 127,0 132,0 – 134,0 136,0 – 138,0 146,0 – 148,0 151,0 – 154,0 161,0 – 163,0 165,0 - 167,0 176,0 – 179,0 185,0 – 188,0 197,0 –199,0 203,0 – 206,0 210,0 – 212,0 217,0 – 220,0 232,0 – 235,0 243,5 – 247,5	8”	Ranuras verticais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	49		
Nível hidrodinâmico (m)	63,5		
Caudal (m³/h)	72		



Informações relativas ao Furo JK11			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Zona Industrial	Mamodeiro	Aveiro
Coordenadas	M – 158 840		P – 402 830
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	170	445	Chapa de aço maciço conforme DIN 2458
Revestimento	156	Dos 0 aos 72 m, igual 12”, dos 72 aos 108 m, igual a 10” e dos 108 aos 156 m, igual 8”	
Tubos ralos	78,0 – 84,0 96,0 – 102,0 116,0 – 117,0 126,0 – 132,0 135,0 – 138,0 147,0 – 153,0	8”	Aço maciço ST 37-2, de estrutura em ponte e altura de fenda 2 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	-		
Nível hidrodinâmico (m)	90		
Caudal (m³/h)	10		

Informações relativas ao Furo AS1			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Indusa		Aveiro
Coordenadas	M - 163 624,09		P - 399 736,73
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	120	250	PVC 10 Kg
Revestimento	120	140	
Tubos ralos	72 – 84 90 – 96 102– 114	140	Ranuras horizontais
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	-		
Nível hidroestático (m)	-		
Nível hidrodinâmico (m)	-		
Caudal (m³/h)	10		

Informações relativas ao Furo JS1			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
	Jardins de Santiago	Glória	Aveiro
Coordenadas	M – 156 300		P – 407 010
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	175	250	PVC 10 Kg
Revestimento	175	140	
Tubos ralos	145 – 163 169 – 175	140	Ranuras horizontais, espessura dos ralos 2 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	-		
Nível hidroestático (m)	61		
Nível hidrodinâmico (m)	62,75		
Caudal (m³/h)	18		

Informações relativas ao Furo JK3 - M – C.M. Aveiro - Depósito			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
Coordenadas			
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	265,20	Dos 0 aos 112,4 igual a 445 mm, dos 112,4 aos 265,2 igual aos 375mm	Chapa de aço maciço conforme DIN 2458
Revestimento	261,50	13", 10", 8" e 6"	
Tubos ralos	151,6 – 159,1 175,1 – 177,6 180,6 – 185,6 205 - 215,6 221,6 – 231,6 245,5 – 255,5	8" e 6"	Aço maciço ST 37-2, de estrutura em ponte e altura de fenda 2 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	28		
Nível hidrodinâmico (m)	45,98		
Caudal (m³/h)	99		

Informações relativas ao Furo AC10			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
Coordenadas	M – 158 440		Aveiro
		P – 408 960	
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	145	17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	Aço ST 37,2, DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	140	14" e 8"	
Tubos ralos	92 – 94 97 – 99 100 – 110 115 – 121 125 – 127 130 – 134 136 – 137	8" e 6"	Arame de aço galvanizado, fendas contínuas do tipo Johnson
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Air lift		
Nível hidroestático (m)	57,75		
Nível hidrodinâmico (m)	64,75		
Caudal (m³/h)	100.8		

Informações relativas ao Furo AC2			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
Coordenadas	M – 155 100		Ílhavo
		P – 403 320	
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	355,55	22" e 15"	Aço ST 37,2, DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	292	14", 8" e 6"	
Tubos ralos	170,5 -172,5 296,0 – 300,0	8" e 6"	Arame de aço galvanizado, fendas contínuas do tipo Johnson
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Air lift		
Nível hidroestático (m)	0		
Nível hidrodinâmico (m)	13,5		
Caudal (m³/h)	108		

Informações relativas ao Furo AC1			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
			Ílhavo
Coordenadas	M – 155 050		P – 403 760
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	355,55	22” e 15”	Aço ST 37,2, DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	292	14”, 8” e 6”	
Tubos ralos	191,5 -196,5 197,5 – 199,5 202,0 – 206,0 207,0 – 209,0 210,0 – 214,0 218,0 – 220,0 221,5 – 224,5 227,0 – 234,0 238,0 – 240,0 260,0 – 262,0 268,0 – 273,0 275,0 – 277,0 278,5 – 281,5 283,0 – 287,0 288,0 – 290,0	8” e 6”	Arame de aço galvanizado, fendas contínuas do tipo Johnson
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Air lift		
Nível hidroestático (m)	2		
Nível hidrodinâmico (m)	24		
Caudal (m³/h)	108		

Informações relativas ao Furo JK2			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
		Oliveirinha	Aveiro
Coordenadas	M – 8º36’30.91’’		P – 40º 36’29.60’’
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	296	Dos 0 aos 117,6 igual a 445 mm, dos 117,60 aos 127 igual a 420 mm e até aos 296 m, igual a 381 mm	Chapa de aço maciço conforme DIN 2458
Revestimento	233,94	Dos 0 aos 80 m, igual 12”, dos 80 aos 170,55 m, igual a 8” e dos 170,55 aos 233,94 m, igual 6”	
Tubos ralos	128,38 – 138,38 150,55 – 16055 195,0 – 200,0 202,17 – 207,17 217,17 – 219,67 221,34 – 223,84 225,44 – 230,44	8”	Aço maciço ST 37-2, de estrutura em ponte e altura de fenda 2 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	-		
Nível hidrodinâmico (m)	62,75		
Caudal (m³/h)	52.92		

Informações relativas ao Furo JK1			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
		Oliveirinha	Aveiro
Coordenadas	M – 157 075,13		P – 400 728,51
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	256	Dos 0 aos 22 igual a 460 mm, dos 22 aos 90 igual a 445 mm e até aos 256 m, igual a 375 mm	Chapa de aço maciço conforme DIN 2458
Revestimento	237	Dos 0 aos 80 m, igual 12", dos 80 aos 175 m, igual a 8" e dos 175 aos 237 m, igual 6"	
Tubos ralos	162 – 166 179 – 183 189 – 193 195 – 199 201 – 205 207 – 213 215 – 217 223 – 225 229 – 231	8"	Aço maciço ST 37-2, de estrutura em ponte e altura de fenda 2 mm
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível		
Nível hidroestático (m)	46,20		
Nível hidrodinâmico (m)	50,52		
Caudal (m³/h)	90		

Informações relativas ao Furo AC6			
Localização	Lugar	Freguesia	Concelho
		S. Bernardo	Aveiro
Coordenadas	M – 158 500		P – 405 880
Trabalho Realizado			
	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Revestimento
Perfuração	210	Dos 0 aos 80 igual a 670 mm e dos 80 aos 210 igual a 14.3/4"	Aço ST 37,2, DIN 2458, com induto anticorrosivo isento de fenóis e não tóxico
Revestimento	204	Dos 0 aos 80 m, igual 14" e dos 80 aos 204 m, igual a 8"	
Tubos ralos	115 – 118 121 – 123 126,5 – 129,5 133,5 – 136,5 147 – 150 151 - 154 163 - 166 167 - 169 175 – 177 180 – 183 191 – 193 198 – 201	8"	Arame de aço galvanizado, fendas contínuas do tipo Johnson
Limpeza de desenvolvimento			
Avaliado através	Bomba submersível instalada no troço de 14"		
Nível hidroestático (m)	69,20		
Nível hidrodinâmico (m)	78,5		
Caudal (m³/h)	54		

Furo feito em 1985, verificou-se comparativamente a um furo feito em 1978 uma descida do nível piezométrico das camadas cretácicas, de 56 m para 69,20 m.

Nome	Perfuração		Tubo Ralo				Área	Níveis		Caudal
	Prof.	Diâmetro	Profundidade		Diâmetro	Espessura		HE	HD	
			Início	Fim						
AC4	260.3	1100; 670	111.5	235	219.1	43.5	29.94	56	65.5	108000
AC5	255.2	1100; 670	112.5	247.5	219.1	44	30.29	49	63.5	72000
JK11	170		78	153	219.1	28	19.27		90	10000
AS1	120	250	90	114	140	30	13.19			10000
JK3	265.2	445; 375	151.6	255.5	219.1 168.3	10 38	#REF!	28	45.98	99000
AC10	145	171/2"	92	127	219.1	20	13.77	57.75	64.75	100800
JK2	296	445;420;381	128.38	230.44	219.1	40	27.53	-	62.75	52920
JK1	256	460;445;375	162	231	219.1	30	20.65	46.2	50.52	90000
AC6	210	670;14.3/4"	115	201	219.1	32	22.03	69.2	78.5	54000
AC-2	340.5	20";17";15";9.5/8	116.5	279.5	245	8	37.01	14.5	24	75000
					219.1	31				
					168.3	18				
AC-3	209	20";15"	91	137.5	219.1	27	18.58	14.5	24.5	108000
AC8	230	17.1/2"	133	204	219.1	28	19.27	64.5	78.7	73800
AC9	212.35	17.1/2"	91	191	219.1	32	22.03	60.9	68.9	99000
JK5	242	445; 375	72	144.5	219.1	24	16.52	30.7	65.41	28800
JK6	211	445; 375	72	144.5	219.1	24	16.52	62	70.7	110520
JK8	188	445; 375	96	174	219.1	29	19.96	57	88.15	20880
JK9	223	500; 445; 375	140	212	219.1	24	16.52	47.5	60.7	109080
JK10	251		72	144.5	254.00	14	27.69	63	71.82	110520
					219.1	24				
CA 06/12	237	500	126	229	330	44	45.62	45	100	167000
AC1T	232	444	175	223	219.1	19	13.08	35.4	93.3	15840
AC1E	200	375	118	180	219.1	31	21.34	39.7	43.32	36000

AC1	355.55	22";15"	191.5	290	219.1	29	30.01	2	24	108000
					168.3	19				
AC2	355.5	22";15"	170.5	300	219.1	17	26.51	0	13.5	108000
					168.3	28				
AC-1	360	470;419;15";12.1/4"	212.5	250.5	168.3	20	10.57	6.9	11	72000
AC1G	228.3	470; 419; 368; 318; 279; 241; 215	92.3	205.3	168.3	37	19.56	6.4	47	17280
AC1G1	283	20";12.1/4"	206.5	267.5	168.3	20	10.57	3.1	1.4	63000
AC2G	284	22";12.1/4"	202	263.5	168.3	21	11.10	2.26	15	63000
PS-1	264	22" e 16"	215	258	219.1	21	14.45	15.57	34.42	92880
RA2	310	610 e 445	251.33	299.33	219.1	23	15.83	2.39	63	108000
PS-2	303	22" e 16"	257	295.5	219.1	21	14.45	15.5	35.71	86400
AC1J	176.5	17.1/2". 15" e	81.5	161	168.3	21	11.10	18.1	30.12	54000
AC1GA	300	311	220.5	271	168.3	26	13.75	10.3	31.4	73800
PS-3	265	600. 558.8 e 444.5	177	222	219.1	21	14.45	27.9	57.96	84600
AC3VA	312	444	208	295	168.3	28	14.80	21.6	34.6	72720
AC2VA	300	17.1/2". 14.3/4 e 12.1/4"	193.5	292	219.1	13	8.95	17	-	-
					168.3	12	6.34			
PS-1E	200	445	150.5	182.5	219.1	18	12.39	37.6	53.8	180000

SJS1/92	310	17.1/2";14.3/4"	235	280	219.1	20	13.77	20	140	11880
SJS2/92	302	21";14.3/4"	230	294	219.1	28	19.27	16.38	26.5	82800

CAP01_OBR	184	550	94	168	330	40	41.47	11.5	168	15000
-----------	-----	-----	----	-----	-----	----	-------	------	-----	-------

### análises de água

Nome	pH	T	CE	Aniões (mg/l)				Catiões (mg/l)						Dureza total	Alcal. total	Ano
				Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Na	K	Ca	Mg	Fe <sub>diss</sub>	Fe <sub>tot</sub>			
AC4	7,54		530	81,7		27,2	134,2			16,5	9,2		0,35	1,58 °F	11,0 °F	1978
	7,5		890	166,9	0,1	60,9	115,9	148,5		14,7	7,9		0,3	6,9 °F		1983
AC5	7,8		482	36,9	< 0,1	15,4	224,5	30,3	9,1	58,5	9,2	<0,1	7	184	184	
JK11	7		267	32,0	0,4	25,5				30,2	5,5		0,11	10	116	
AS1	7,05	17,5	359	35,5		16,6	110,0	20,5	6,3	30,0	7,4					
JK3	7,8		638	102,2	< 0,1	55,7		99,4	11,4	15,2	14,1	<0,1	<0,1		120	1987
	7,42		3100	788,1	0,1	225,5	122,0	510,6		44,2	54,1		0,7	33,3 °F		1983
	7,4		750	126,3		43,6	231,2	122,1		15,2	6,4		0,9	6,4	10,8	1975
AC10	7,75			39,1	3,8	26,2	120,0	50,1	9,6	15,5	5,4		0,47			
JK2	7,18		580	42,6	0,1	11,5	231,8	40,0		47,5	10,6		1,9	16,2°F		1983
	8,2		840	3,5	0,1	44,4	201,3	163,7	18,0	2,7	0,7		0,05	0,7°F	16,5°F	1974
	7,8		649	55,4	< 0,1	130,6	146,4	86,0	15,2	20,0	19,0	0,28	9	128	120	1987
JK1	7,25	22,0	509		< 0,1	44,2	187,9	78,0	6,5	27,3	6,3	< 0,1	< 0,1	94	154	1987
	7,62		367	32,0	< 0,1	40,7	140,3	50,0	7,5	29,2	2,7			8,4°F		1982
AC6	7,7		458	54,0	< 0,1	38,4	146,4	61,0	12,2	19,2	10,2	< 0,1	< 0,1	90	120	1987
			707	136,3	0,8	107,0	153,7	114,8	13,7	40,0	15,8		0,02	165,25		1985
AC-2	7,25		1010	170,4	1,2	70,4	134,2			37,5	11,3		0,4	9 °F	11	1970
	7,7		1240	227,2	1,7	87,2	140,3			21,7	10,7			9,8°F	11,5	1970
AC-3	7,75		446	52,5	< 0,1	32,6	146,4	55,7	11,5	23,3	9,7	< 0,1	7	98	120	
AC8	7,16	21,6		31,2	< 0,1	27,4	197,6	35,9	11,0	41,6	10,7		0,02		32,4	
AC9	6,54	20,0	175	23,4	1,2	14,9	51,2	15,2	3,1	19,2	1,5		0,04		8,4	
JK5	7,9		369	31,3	< 0,1	58,0				26,3	11,2			11,2	132,4	
JK6	7,6		265	32,0	< 0,1	24,2				21,1	8,6			8,8	97,6	
JK8	7,4		422	0,0	1,3	39,1				29,3	78,1		0	26,7	225,7	
JK9	7,9		720	159,8	0,4	81,6				24,5	4,1		0	7,8	134,2	
JK10	7,7		546	85,2	< 0,02	78,4				17,0	6,6		0,08	7	109,8	
CA 06/12	7,7			340,0	8,0	210,0										
AC1T	8		386	56,8	< 0,5	22,5	102,5	80,2	8,8	8,8	3,4		< 0,1			
AC1E	8,28	20,0		30,9	0,0	31,4	126,9	52,4		18,2	6,9		0,08	74	112	

AC1	7,3		485		0,0	46,7	151,0	55,0	7,5	29,5	8,3					1987
	7,38		500	46,2	0,0	44,4	115,9			29,5	5,9			9,8 °F		1983
AC2	7,9		418	35,5	0,1	40,3	153,7	44,1	7,1	32,1	9,2	<0,1	0,85	118	126	1987
	7,68		455	39,1	<	38,7	164,7	57,7		31,3	6,3		0,5			1983
AC-1	8,1		430	42,6	0,0	22,0	138,2	81,0	4,3	9,8	0,0			2,5°<f		1987
	7,27		990	113,6	0,5	120,6	268,4	48,3		118,0	25,7			40°F		1983
AC1G	9,1		1829	245,7	< 0,1	157,4	500,2	420,0	11,9	4,0	10,2	< 0,1	< 0,1	52	410	1987
	8,3		1644	235,7	2,5	71,0	473,4	355,0	15,1	7,2	9,7			58	388	1988
AC1G1	8,54			40,4	0,0	43,9	134,2		90,2	6,0	1,7		0,36	22	23,2	
AC2G	8,18	23,0		36,0	0,0	45,6	129,3		91,8	0,0	2,9		0,08		21,2	1974
	8,59			30,5	0,0	55,3	200,1		129,1	3,2	0,7		0,15	10,89	34,4	1974
	8,1		409	32,7	< 0,1	67,2	119,6	81,0	6,5	2,4	5,8	0,13	0,14	30	98	1987
PS-1	8,35		387	32,8	< 0,03		123,2	81,0		2,2	0,8				102	1997
RA2	8,1		230	57,0	< 0,5	58,7	145,0	111,0	7,2	6,1	5,9		79	30,5		
PS-2	8,09		385	40,8	< 0,3		131,0	79,0		4,9	1,8			2	108	
AC1J	6,64			35,5	0,0	26,5	107,4		52,1	18,4	1,5		0,12		17,6	
AC1GA	7,85		417	34,1	2,6	48,0	146,4	64,8	10,7	17,6	6,8			72	120	1988
	8,15	25,0	315	35,5	0,3	41,3	139,1	63,3	2,0	16,4	5,8		0,06		22,8	1985
PS-3	8,09		385	40,8	< 0,3		131,0	79,0		4,9	1,8			2	108	
AC3VA	8,15		387	34,1	< 0,5	59,7	130,0	8,4	8,1	23,2	6,2		0,23	99,8	130	
AC2VA	7,7		405	31,2	2,8	53,8	148,8	53,4	9,0	32,9	3,9			98	122	
PS-1E	7,62		386	37,8	< 0,3		136,0	61,0		16,2	4,7			6	111,2	

SJS1/92				168,4	0,1	173,2	168,0	166,8	9,4	36,2	15,8		< 0,1			
SJS2/92	7,6		550	52,9	0,0	112,6	151,0	76,3	7,5	37,7	11,2		0,01			

CAP01_OBR	6,6		187	33,0	3,1	10,0		20,0	7,4	7,4	3,0	0,12	0,69			
-----------	-----	--	-----	------	-----	------	--	------	-----	-----	-----	------	------	--	--	--